

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UNICEUB

RAFAEL GOMES DA SILVA

**ANÁLISE DA EFICÁCIA DOS ALGORITMOS PARA
ACELERAÇÃO DE APLICAÇÕES EM REDES WAN**

**Brasília - DF
2008**

RAFAEL GOMES DA SILVA

**ANÁLISE DA EFICÁCIA DOS ALGORITMOS PARA
ACELERAÇÃO DE APLICAÇÕES EM REDES WAN**

Trabalho apresentado à banca
examinadora do Centro
Universitário de Brasília –
UniCEUB, para Faculdade de
Ciências Exatas e Tecnológicas,
para conclusão do curso de
Engenharia da Computação.
Orientador: MSc. Francisco Javier
de Obaldia Díaz

**Brasília - DF
2008**

RAFAEL GOMES DA SILVA

**ANÁLISE DA EFICÁCIA DOS ALGORITMOS PARA
ACELERAÇÃO DE APLICAÇÕES EM REDES WAN**

COMISSÃO EXAMINADORA

MSc. Francisco Javier Obaldia

Dsc. Luís Cláudio

Dsc. Flávio Klein

Brasília, 05 de dezembro de 2008.

“Ao meu filho Isaac Gomes, que me ensinou o verdadeiro significado do amor incondicional, das pequenas coisas, de um sorriso, de um abraço, da compreensão, da paciência, da tolerância, das fraldas, das mamadeiras, dos carrinhos, das caretinhas, e da palavra Papai.

Aos meus pais que sempre pautaram sua vida em esforço e luta para o bem estar e alegria dos seus filhos. Ensinaram o valor real do amor, carinho e companheirismo para com o próximo. Pelos momentos simples, e difíceis pois são eles que nos fazem crescer e descobrir do que somos capazes.”

“Agradeço a todos que diretamente ou não, contribuíram para o desenvolvimento deste Projeto, e em particular:

Ao Professor Francisco Javier, pela orientação, incentivo, cobrança e sugestões de conteúdos que enriqueceram este Projeto.

Aos professores do Curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB que são responsáveis por parte do sucesso profissional de todos os seus alunos.

Aos meus pais, Waldemiro Gomes da Silva e Odaisa Gomes da Silva, e ao meu irmão Daniel Gomes da Silva que sempre estiveram ao meu lado, ajudando, incentivando, confortando e me fortalecendo para que eu conseguisse concluir com êxito este Projeto.

A Tenille Almeida de Moraes, pela compreensão, carinho e apoio diário.

Ao MsC Hebert Moura e ao DSc. Fernando Antas pelo auxílio e esclarecimento de dúvidas.

Aos amigos “Os Pinguins” e Wolmer Godoi que sempre estavam dispostos a me auxiliar de alguma forma no desenvolvimento desse Projeto.”

RESUMO

O projeto apresentado neste trabalho tem por objetivo geral analisar o ganho de performance de uma aplicação através do posicionamento de um otimizador WAN na borda da rede e, através de métodos comparativos e cálculos estatísticos, comprovar a eficácia de dois algoritmos empregados para a aceleração de aplicativos em redes WAN. A ferramenta utilizada como modelo de comparação será o *Replify Reptor*, uma solução de *aceleração de aplicações virtualizada*. Para a análise dos problemas e simulação de um tráfego WAN serão utilizadas as ferramentas Iperf, Path Analyzer, NMAP, ping, wireshark e tcpdump e um servidor WEB APACHE para a hospedagem dos arquivos/*website* de testes.

Palavras-Chave:

Acelerador WAN, otimização WAN, TCP/IP, *Bandwith*, latência, perda de pacotes,

ABSTRACT

The project presented in this study aims to examine the overall gain in performance of an application by the positioning of a WAN optimizer at the edge of the network and, through comparative methods and statistical calculations, demonstrating the effectiveness of two algorithms used for acceleration of applications WAN networks. The tool used as a model for comparison will be the Replify Reptor, a virtualized solution for application acceleration. For the analysis of problems and simulation of a WAN traffic will use the tools lperf, Path Analyzer, nmap, ping, tcpdump and wireshark and an Apache web server for hosting the files / website of tests.

Key-Words:

Acelerador WAN, otimização WAN, TCP/IP, *Bandwith*, latência, perda de pacote

SUMÁRIO

1.1 MOTIVAÇÃO	13
1.2 OBJETIVO	14
1.3 METODOLOGIA	15
CAPÍTULO 2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 APRESENTAÇÃO	17
2.2 CAMADA DE REDE	17
2.3 ROTEADORES.....	19
2.4 REDES WAN	21
2.4.1 Principais Problemas em Rede WAN.....	24
2.5 OTIMIZADORES WAN.....	36
2.5.1 Otimização TCP	38
2.5.2 Supressão de Dados.....	42
2.5.3 Compressão de Dados	43
2.5.4 Traffic Shapping.....	44
CAPÍTULO 3. INFRA-ESTRUTURA DO PROJETO.....	45
3.1 TOPOLOGIA.....	45
3.1.1 Cenário Base	45
3.1.2 Cenário Comparativo	47
3.2 HARDWARE.....	48
3.2.1 Computador 1	48
3.2.2 Computador 2	49
3.2.3 Computador 3.....	49
3.3 SOFTWARE E FERRAMENTAS UTILIZADAS	49
3.3.1 Computador 1	49
3.3.2 Computador 2	50
3.3.3 Computador 3.....	50
3.4 MEDIDAS DE DESEMPENHO	52
3.5 MEDIDAS PARA COMPARAÇÃO ENTRE ALGORITMOS.....	52
CAPÍTULO 4. IMPLEMENTAÇÃO	54
4.1 TOPOLOGIA DO PROJETO	54
4.1.1 Topologia do Cenário Base.....	54
4.1.2 Topologia Cenário Acelerado	60
4.2 INSTALAÇÃO DO SOFTWARE VMWARE WORKSTATION	62
4.3 INSTALAÇÃO DO SISTEMA OPERACIONAL	64
4.3.1 Instalação do <i>Red Hat Advanced Server 4</i>	64
4.3.2 Instalação do <i>Microsoft Windows XP</i>	66
4.4 INSTALAÇÃO DOS SERVIÇOS	67
4.4.1 Instalação do Roteador	67
4.4.2 Instalação do <i>Apache + Joomla!</i>	68

4.4.3	Instalação do Replify Reptor Accelerator Suite.....	69
CAPÍTULO 5.	ANÁLISE DE RESULTADOS	72
5.1	PROPOSTA DE ANÁLISE	72
5.2	PROCEDIMENTO PADRÃO PARA MEDIÇÕES.....	73
5.3	ALGORITMOS UTILIZADOS	75
5.3.1	Aceleração de Protocolo	75
5.3.2	Compressão.....	75
5.4	RESULTADOS OBTIDOS	76
5.4.1	Latência	76
5.4.2	Throughput	79
5.4.3	Tempo de Resposta	82
5.4.4	Jitter	84
5.5	ANÁLISE DE RESULTADOS	92
5.6	PROBLEMAS ENCONTRADOS	96
CAPÍTULO 6.	CONCLUSÃO	98
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
	APENDICE A – SCRIPT PARA CONFIGURAÇÃO DOS ROTEADORES	103

LISTA DE TABELAS

TABELA 5-1: MEDIÇÃO DA LATÊNCIA NO CENÁRIO BASE	78
TABELA 5-2: MEDIÇÃO DA LATÊNCIA NO CENÁRIO ACELERADO	79
TABELA 5-3: MEDIÇÃO DO <i>THROUGHPUT</i> NO CENÁRIO BASE	81
TABELA 5-4: MEDIÇÃO DO <i>THROUGHPUT</i> NO CENÁRIO ACELERADO	81
TABELA 5-5: MEDIÇÃO TEMPO DE RESPOSTA NO CENÁRIO BASE	83
TABELA 5-6: MEDIÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA NO CENÁRIO ACELERADO	84
TABELA 5-7: MEDIÇÃO DO <i>JITTER</i> NO CENÁRIO BASE	86
TABELA 5-8: TEMPO DE ACESSO À PÁGINA HTTP	87
TABELA 5-9: MEDIÇÃO DO TEMPO DE ACESSO UTILIZANDO A ACELERAÇÃO POR PROTOCOLO – HTTP	90
TABELA 5-10: MEDIÇÃO DO TEMPO DE ACESSO UTILIZANDO O ALGORITMO DE COMPRESSÃO	91
TABELA 5-11: MEDIÇÃO DO TEMPO DE ACESSO UTILIZANDO O CENÁRIO BASE.....	92
TABELA 5-12: CUSTO E ECONOMIA DIÁRIO/MENSAL/ANUAL	94

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2-1: MODELO ISO/OSI E A COMUNICAÇÃO ENTRE DOIS COMPUTADORES INTERMEDIADA POR ROTEADORES. [FONTE: HTTP://WWW.RALPMCS.ETI.BR/MIDIA/19990910.HTM] ACESSADO EM 25/09/2008	19
FIGURA 2-2: ROTEADORES E A IMPORTÂNCIA PARA CONSTRUÇÃO DE REDES WAN. [WIRTH].....	20
FIGURA 2-3: COMPONENTES DE UMA REDE WAN. [TANENBAUM]	22
FIGURA 2-4: AMBIENTE DOS PROTOCOLOS DA CAMADA DE REDE [TANENBAUM]	23
FIGURA 2-5: CENÁRIO DE UMA REDE LOCAL UTILIZADAS PARA TESTES E DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS.....	31
FIGURA 2-6: CENÁRIO DE UMA REDE LOCAL UTILIZADA PARA TESTES E DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS.....	33
FIGURA 2-7: TRÁFEGO DE DADOS TCP, PERDA DE PACOTES E O AUMENTO DE <i>THROUGHPUT</i> EM UMA REDE WAN.	40
FIGURA 2-8: CENÁRIO ILUSTRANDO A UTILIZAÇÃO DE UM ACELERADOR TCP COM A FUNCIONALIDADE <i>TCP PROXY</i>	42
FIGURA 2-9: CENÁRIO MONSTRANDO A UTILIZAÇÃO DE UM ACELERADOR TCP COM A FUNCIONALIDADE <i>TCP PROXY</i> . [FONTE: APPLICATION ACCELERATION AND WAN OPTIMIZATION FUNDAMENTALS – CISCO PRESS]	43
FIGURA 2-10: CONTROLE E RESERVA DE BANDA PARA APLICAÇÕES	44
FIGURA 3-11: CENARIO BASE DEMONSTRADO FISICAMENTE	46
FIGURA 3-12: TECNOLOGIA DE VIRTUALIZAÇÃO	47
FIGURA 4-13: ARQUITETURA FÍSICA	55
FIGURA 4-14: CENÁRIO ACELERADO	62
FIGURA 5-15: FIGURA COM O DEMONSTRATIVO DA ACELERAÇÃO	93
FIGURA 5-16: CÁLCULO DE RETORNO DE INVESTIMENTO	94

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2-1: DESEMPENHO DO TCP EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA FÍSICA.....	27
GRÁFICO 2-2: DESEMPENHO DO TCP NA PRESENÇA DE PERDA DE PACOTES.....	28
GRÁFICO 5-3: LATÊNCIA CENÁRIO BASE.....	78
GRÁFICO 5-4: LATÊNCIA CENÁRIO ACELERADO.....	79
GRÁFICO 5-5: <i>THROUGHPUT</i> CENÁRIO BASE.....	80
GRÁFICO 5-6: <i>THROUGHPUT</i> CENÁRIO ACELERADO.....	81
GRÁFICO 5-7: TEMPO DE RESPOSTA CENÁRIO BASE.....	83
GRÁFICO 5-8: TEMPO DE RESPOSTA CENÁRIO ACELERADO.....	84
GRÁFICO 5-9: <i>JITTER</i> CENÁRIO BASE.....	86
GRÁFICO 5-10: <i>JITTER</i> CENÁRIO ACELERADO.....	87
GRÁFICO 5-11: TEMPO DE ACESSO COM ALGORITMO DE ACELERAÇÃO HTTP.....	89
GRÁFICO 5-12: TEMPO DE ACESSO COM ALGORITMO DE COMPRESSÃO.....	90
GRÁFICO 5-13: TEMPO DE ACESSO SEM ACELERAÇÃO.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS

ACK - Acknowledge

ATM – Assynchronous Transfer Mode ou Modo de Transferência Assíncrona

HTTP – Hypertext Transfer Protocol ou Protocolo de Transferência de Hipertexto

IP – Internet Protocol ou Protocolo de Internet

LAN – Local Area Network ou Rede Local

Link – Interligação física entre dois pontos

MSS – Maximum Segment Size ou Tamanho Máximo de Segmento

OSPF – Open Shortest Path First

PPP – Point to Point Protocol

RDSI – Rede Digital de Serviços Integrados

RIP – Routing Information Protocol ou Protocolo de Informação de Roteamento

RTT – Round Trip Table

SRTT - Smooth Round Trip Table

TCP – Transmission Control Protocol ou Protocolo de Controle de Transmissão

UDP – User Datagram Protocol ou

VOIP – Voice Over Internet Protocol ou Voz sob IP

VPN – Virtual Private Network ou Rede Virtual Privada

WAN – Wide Area Network ou Rede Geograficamente Distribuída

INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Alguns anos atrás, parte da computação móvel estava confinada aos empregados que acessavam os serviços de colaboração (e-mail, calendário, agenda, entre outros) e que não dispunham de conexões na rede local (LAN). O perfil deste tipo de usuário mudou com o tempo e uma grande quantidade de usuários estão utilizando aplicações de missão crítica a partir de pontos remotos, seja um *webmail*, por meio de uma *lan-house*, ou um *website* de compra ou até mesmo uma *intranet*. Tais usuários possuem a expectativa de que a performance do sistema acessado remotamente seja a mesma do sistema acessado via rede local.

Atualmente, com a mudança de perfil destes usuários temos como a principal exigência a agilidade da resposta do sistema. Para isso foram disponibilizados, pelas operadoras de telefonia, links de Internet de alta velocidade para suprir a demanda crescente por parte dos usuários, sejam eles residenciais ou comerciais.

Algumas empresas possuem a capacidade de utilizar as mais novas tecnologias de convergência e integração de redes geograficamente distribuídas, porém a grande maioria não possui recurso suficiente para despendar com caros *links WAN*, sendo assim, buscam soluções para otimizar a utilização do *link*, por meio do controle de usuários e os acessos que são realizados.

Tais controles não são efetivos, uma vez que há a necessidade da utilização de uma solução para tal controle e uma gerência, que na maioria dos casos, requer a disponibilização de recurso humano para tal gerência, sendo inviável economicamente.

Para a solução do problema de falta de recursos e gerenciamento centralizado, bem como a otimização do *link* já saturado, em geral, é

proposta uma solução de otimização *WAN*, ou acelerador *WAN*, que tem o intuito de otimizar e acelerar protocolos e aplicações de maneira que o link contratado tenha sua utilização de maneira mais inteligente e os usuários possuam a experiência de navegação remota semelhante a um usuário que esteja na rede local, fazendo com que a produtividade do usuário aumente, sem maiores investimentos em infra-estrutura de redes *WAN* e novos *hardwares* para as aplicações, uma vez que o problema não está em nenhum destes pontos, mas sim na utilização racional e otimizada como solução eficaz

Com o objetivo de otimizar e tornar a rede *WAN* mais racional e performática surgiu a necessidade de estudar a otimização de aplicações em uma rede *WAN*, através da comparação e análise dos algoritmos utilizados para esta função.

1.2 OBJETIVO

O projeto tem por objetivo geral analisar o ganho de performance de uma aplicação através do posicionamento de um acelerador *WAN* na borda da rede, apresentado métodos comparativos e cálculos estatísticos para comprovar a eficácia da utilização de um produto “*Acelerador de aplicações WAN*”.

Para isso será necessário validar a situação de um cenário base, ou seja, construir um ambiente no qual não há interferência de fatores que venham a causar problemas em um cenário de teste de latência, oscilação no *link* e largura de banda.

Após a definição do cenário base, serão implementados métodos para análise de performance e cálculos estatísticos, com o objetivo de obter informações necessárias para o estabelecimento das métricas básicas de comparação. Espera-se demonstrar que o ambiente com um acelerador *WAN* deverá possuir resultados performáticos superiores aos apresentados no primeiro cenário. Para a obtenção das métricas, os seguintes métodos

serão adotados:

1. Medição do tempo de resposta de um serviço *HTTP* para um usuário local;
2. Medição do tempo de resposta de um serviço *HTTP* para um usuário remoto;
3. Cálculo de *Jitter*;
4. Cálculo da Latência
5. Cálculo do *Throughput*
6. Tempo de Resposta

Após a obtenção dos dados base, o cenário será refeito de modo que exista, no extremo de uma das redes, o equipamento que fará a aceleração do protocolo *HTTP*.

Ao estabelecer o cenário proposto, o acelerador WAN estará posicionado na borda do ambiente de teste. Sendo assim, foram escolhidos dois algoritmos que serão avaliados no que tange a sua eficácia frente às métricas sugeridas acima. Os algoritmos que serão avaliados são:

1. Compressão de Pacote/*Frame*; e
2. Aceleração de Tráfego por Protocolo;

Após a comprovação da eficácia no ganho de performance serão apresentados estudos de retorno de investimento para cada um dos algoritmos apresentados, de forma a demonstrar a melhor solução de otimização WAN.

1.3 METODOLOGIA

Este Projeto é dividido em seis capítulos, sendo estes, subdivididos em tópicos, conforme a necessidade de descrição mais detalhada de cada capítulo.

O primeiro capítulo traz uma introdução sobre o tema proposto, explicitando a motivação para a confecção do Projeto, os objetivos que serão alcançados ao final deste trabalho e a estrutura da monografia.

O segundo capítulo apresentará os conceitos e referenciais teóricos necessários para o entendimento deste projeto e dará toda a base para o desenvolvimento do mesmo.

O terceiro capítulo trará as especificações técnicas, o desenvolvimento do projeto e o ambiente que será analisado.

O quarto capítulo descreverá a demonstração do processo de desenvolvimento, instalação, configuração e implantação do ambiente.

O quinto capítulo descreverá os testes realizados, resultados obtidos e dificuldades enfrentadas durante a confecção e desenvolvimento deste projeto.

O capítulo sexto trará as informações necessárias para projetos futuros e a conclusão do referido tema.

CAPÍTULO 2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 APRESENTAÇÃO

A transmissão de dados utiliza infra-estrutura de redes baseadas em modelos amplamente estudados, quer seja a transmissão de dados por redes em meio guiado (sinais confinados) ou por meio não guiado. Em todo caso, infra-estruturas essas que nos permite trafegar a informação entre pontos distantes, porém, nem sempre com um desempenho adequado.

Inicialmente, será feito um breve estudo sobre a camada de rede, sendo esta a responsável pela transferência de dados em uma rede. Posteriormente, será apresentado um breve estudo dos roteadores, dispositivos primordiais para a existência de interconectividade entre redes. Em seguida, será demonstrado o que são redes *WANs* e quais foram os principais problemas encontrados, e por último os aceleradores *WAN* citados como tema deste projeto.

O foco deste Projeto são os otimizadores *WAN*, desta forma, os itens discutidos em seguida servirão apenas como embasamento sobre a teoria que cerca a tecnologia de aceleração de aplicativos:

2.2 CAMADA DE REDE

A camada de rede está relacionada à transferência de pacotes da origem para o destino. Chegar ao destino pode exigir vários *hops* (saltos) em roteadores intermediários ao longo do percurso. Essa função contrasta claramente com a função da camada de enlace de dados, que tem o objetivo mais modesto de apenas mover quadros de uma extremidade de um fio até a outra. Portanto, a camada de rede é a camada mais baixa que lida com a transmissão fim a fim.

Para atingir seus objetivos, a camada de rede deve conhecer a topologia da sub-rede de comunicações (ou seja, o conjunto de todos os

roteadores) e escolher os caminhos mais apropriados através dela. A camada de rede também deve ter o cuidado de escolher rotas que evitem sobrecarregar algumas das linhas de comunicação e roteadores enquanto deixam outras ociosas. Por fim, quando a origem e o destino estão em redes diferentes, ocorrem novos problemas, e cabe à camada de rede lidar com eles.

A camada de rede oferece serviços à camada de transporte na interface entre a camada de rede e a camada de transporte. Uma questão importante é identificar os tipos de serviços que a camada de rede oferece à camada de transporte. Como por exemplo, podemos citar o protocolo DHCP. Os serviços da camada de rede foram projetados tendo em vista os objetivos a seguir:

- Os serviços devem ser independentes da tecnologia de roteadores;
- A camada de transporte deve ser isolada do número, do tipo e da topologia dos roteadores presentes;
- Os endereços de rede que se tornaram disponíveis para a camada de transporte devem usar um plano de numeração uniforme, mesmo nas LANs e WANs.

Para melhor ilustrar a localização da camada mencionada no modelo ISO/OSI, a estrutura é definida na **Figura 2-1**:

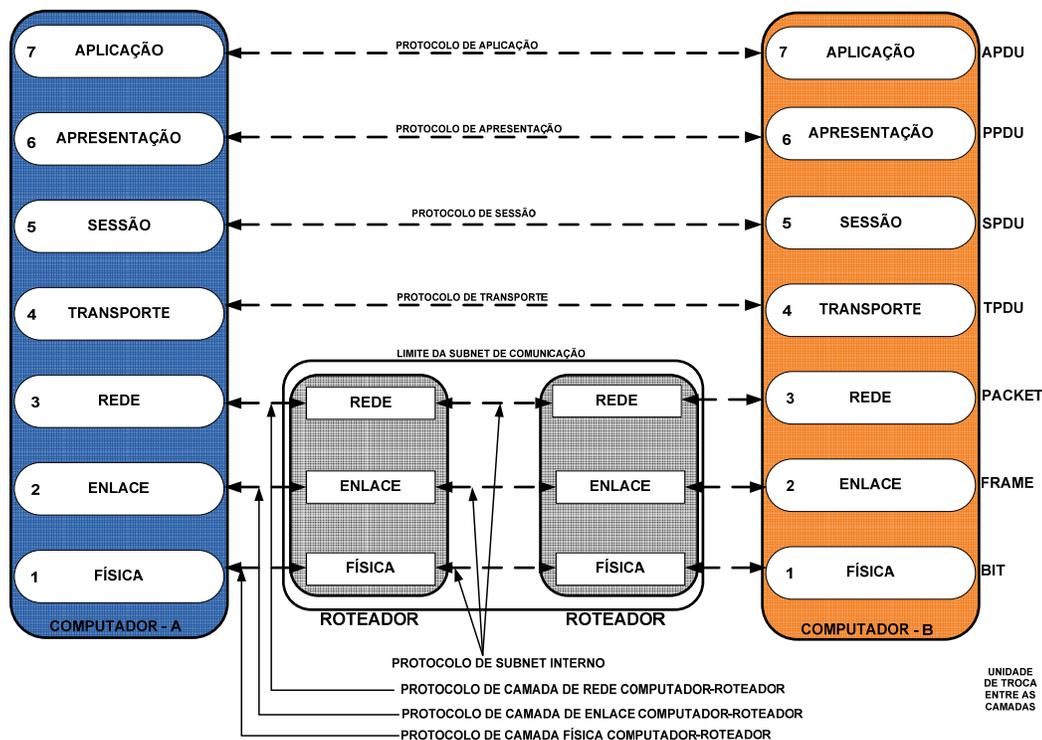


Figura 2-1: Modelo ISO/OSI e a comunicação entre dois computadores intermediada por roteadores. [FONTE: <http://www.ralpmcs.eti.br/midia/19990910.htm>] Acessado em 25/09/2008

2.3 ROTEADORES

Os roteadores são os equipamentos que controlam o encaminhamento das mensagens sobre a rede e operam nos níveis 1, 2 e 3 do modelo de referência ISO/OSI. [WIRTH]

Tendo em vista que os roteadores operam no nível de rede, eles utilizam o endereçamento das entidades, contidos no cabeçalho do protocolo de rede, a fim de determinar para qual nó da rede deva ser encaminhado um pacote que o atravessa. São, portanto, os equipamentos responsáveis pelo roteamento dos pacotes entre as LANs. Os roteadores dispõem de uma tabela interna de roteamento, através da qual extraem as informações necessárias sobre a rede em que atuam. Ao estabelecer uma rota, o roteador consulta a referida tabela interna, que pode ser dos tipos: dinâmica

ou estática. As tabelas do tipo dinâmica se apóiam em protocolos de roteamento tipo RIP, OSPF, *etc.*, baseados em algoritmos, para escolher a melhor rota, e seguem várias critérios denominados “*Métricas de Roteamento*”. Os roteadores podem também comprimir e compactar dados.

Os roteadores permitem a formação de WANs e o acesso de uma LAN à Internet conforme ilustra a **Figura 2-2**:

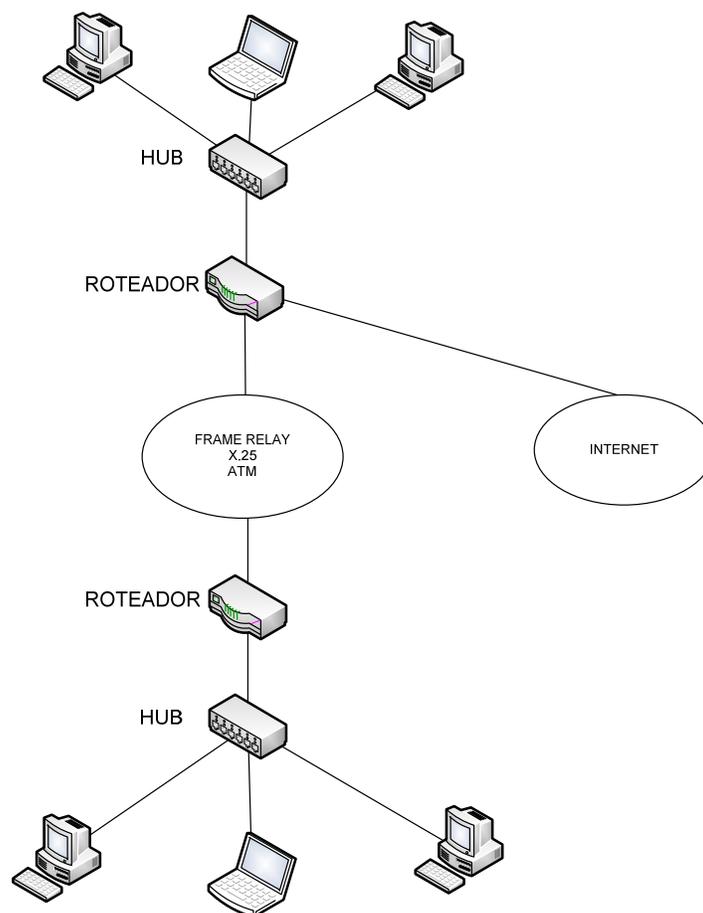


Figura 2-2: Roteadores e a importância para construção de redes WAN. [WIRTH]

Em geral os roteadores possuem uma porta LAN Ethernet, várias portas WANs (PPP, X.25, Frame Relay, RDSI e ATM) e trabalham normalmente com TCP/IP, onde os endereços IPs, definidos na tabela do roteamento acima referida, são transmitidos à rede WAN (rede de computadores com enlaces de longa distância). [WIRTH]

2.4 REDES WAN

Uma rede geograficamente distribuída, ou WAN (*Wide Area Network*), abrange uma grande área geográfica, com frequência um país ou continente.

Em geral, as redes geograficamente distribuídas contêm um conjunto de servidores formando sub-redes. Essas sub-redes têm a função de transportar os dados entre os *hosts* ou dispositivos de rede.

Cada *host* pertence ao usuário (por exemplo, os *desktops* de uso pessoal), enquanto a sub-rede de comunicação em geral pertence e é operada por uma empresa de telefonia ou por um provedor de serviços da Internet. A tarefa da sub-rede é transportar mensagens de um *host* para outro, exatamente com o sistema de telefonia transporta as palavras da pessoa que fala, para a pessoa que ouve. Essa estrutura de rede é altamente simplificada, pois separa os aspectos da comunicação pura da rede (a sub-rede) dos aspectos de aplicação (os *hosts*).

Na maioria das redes geograficamente distribuídas, a sub-rede consiste em dois componentes distintos: linhas de transmissão e elementos de comutação. As linhas de transmissão transportam os *bits* entre as máquinas. Elas podem ser formadas por fios de cobre, fibra óptica ou mesmo enlaces de rádio. Os elementos de comutação são computadores especializados que conectam três ou mais linhas de transmissão. Quando os dados chegam a uma linha de entrada, o elemento de comutação deve escolher uma linha de saída para encaminhá-los. Esses computadores de comutação receberam diversos nomes no passado; e o nome roteador é agora o mais comumente usado. [TANENBAUM]

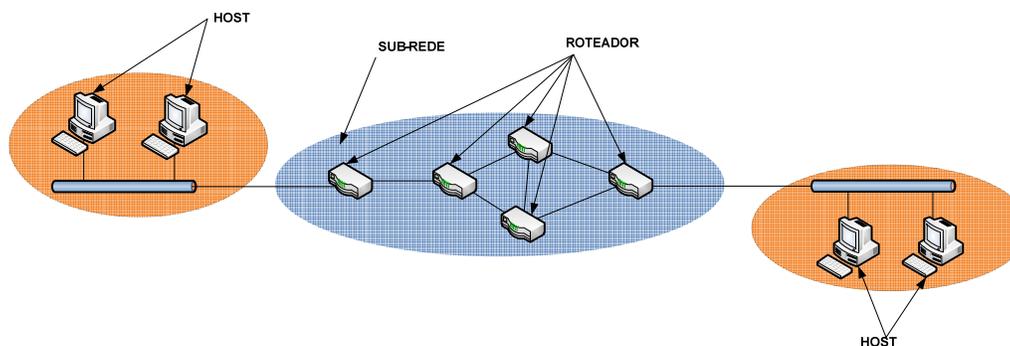


Figura 2-3: Componentes de uma rede WAN. [TANENBAUM]

Na maioria das WANs, a rede contém numerosas linhas de transmissão, todas conectadas a um par de roteadores (conforme demonstrado na **Figura 2-3**). No entanto, se dois roteadores que não compartilham uma linha de transmissão desejarem se comunicar, eles só poderão fazê-lo indiretamente, através de outros roteadores. Quando é enviado de um roteador para outro por meio de um ou mais roteadores intermediários, o pacote é recebido integralmente em cada roteador intermediário, onde é armazenado até a linha de saída solicitada ser liberada, para então ser encaminhado. Uma sub-rede organizada de acordo com este princípio é chamada de sub-rede de *store-and-forward* (de armazenamento e encaminhamento) ou de comutação por pacotes. Quase todas as redes geograficamente distribuídas (com exceção das que utilizam satélites) têm sub-redes *store-and-forward*. Quando são pequenos e têm todos os mesmos tamanhos, os pacotes costumam ser chamados de células.

Para implementar a sub-rede *store-and-forward* os roteadores devem possuir [TANENBAUM]:

- *Buffers* de Entrada (*Input Queues*) para armazenar os pacotes de entrada; e
- *Buffers* de Saída (*Output Queues*) para armazenar os pacotes de saída, para posterior reenvio ao destino.

Estes *buffers* possuem tamanho limitado o que faz com que pacotes sejam descartados em situações de congestionamento em uma rede. Este modo de funcionamento introduz certos atrasos (*store-and-forward delays*) e atrasos variáveis que dependem do nível de congestionamento da rede (*queuing delays*). [TANENBAUM]

Em geral, quando um processo em algum *host* tem uma mensagem para ser enviada a um processo em algum outro *host*, primeiro o *host* que irá transmitir divide a mensagem em pacotes, cada um contendo seu número na seqüência. Esses pacotes são então injetados na rede um de cada vez em rápida sucessão. Os pacotes são transportados individualmente pela rede e depositados no *host* receptor, onde são novamente montados para formar a mensagem original, que é entregue ao processo receptor.

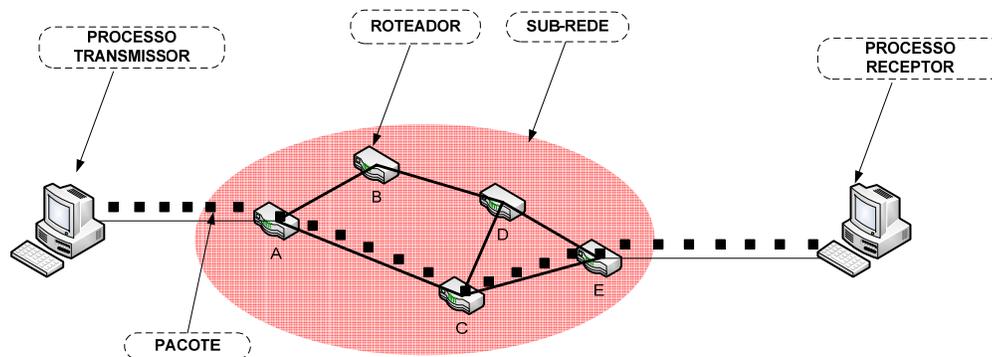


Figura 2-4: Ambiente dos protocolos da camada de rede [TANENBAUM]

No exemplo da **Figura 2-4**, todos os pacotes seguem a rota “A-C-E”, em vez de “A-B-D-E” ou “A-C-D-E”. Em algumas redes, todos os pacotes de uma determinada mensagem devem seguir a mesma rota; em outras, cada pacote é roteado separadamente. É claro que, se “A-C-E” for a melhor rota, todos os pacotes deverão ser enviados por ela, ainda que cada pacote seja roteado individualmente.

As decisões de roteamento são tomadas em caráter local. Quando um pacote chega ao roteador “A”, cabe ao roteador decidir se esse pacote deve ser enviado na linha para “B” ou na linha para “C”. A forma como “A” toma essa decisão é chamada de algoritmo de roteamento.

Nem todas as WANs são comutadas por pacotes. Uma segunda possibilidade para uma WAN é um sistema de satélite. Cada roteador tem uma antena pela qual pode enviar e receber. Todos os roteadores podem ouvir as transmissões do satélite e, em alguns casos, eles também podem ouvir as transmissões dos demais roteadores para o satélite. Às vezes, os roteadores estão conectados a uma sub-rede ponto a ponto de grande porte, e apenas um deles tem uma antena de satélite. As redes de satélite são inerentemente redes de difusão e são mais úteis quando a propriedade de difusão é um quesito primordial. [TANENBAUM]

2.4.1 Principais Problemas em Rede WAN

A *Lei de Moore* determina que a densidade dos dados dobre aproximadamente a cada 18 meses, e a *Lei de Metcalfe*¹ afirma que “o valor de uma rede aumenta ao quadrado do número de usuários”. Como esses postulados se comprovam na prática, as companhias globais descobriram a vantagem de integrar a tecnologia da informação em cada aspecto de suas operações, e o setor de serviços de comunicação mundial de dados hoje gera uma receita de mais de 19 bilhões de dólares todos os anos, dos quais uma parte crescente é derivada dos serviços VPN IP.[1]

Apesar do crescimento mundial da demanda por largura de banda, o suprimento ultrapassou a demanda por uma ampla margem. Durante rápida expansão da Internet nos anos 90, o setor de comunicação de dados criou uma infra-estrutura capaz de distribuir banda barata em altos volumes. De fato, a banda se tornou tão abundante que mesmo os efeitos da *Lei de Metcalfe* ainda são insuficientes para consumir a capacidade disponível por muitos anos. O resultado desse desequilíbrio foi a massificação da banda, o rápido declínio do preço e um ambiente de fornecedores que promoviam ativamente o mito de que grandes quantidades de banda podem resolver qualquer problema de desempenho.

1- ¹ Fonte: *O mito da banda e o desempenho dos aplicativos* - Otimização de Aplicações – White Paper – F5 Networks - Capítulo 2: Principais Problemas em Redes WAN

Mas, conforme as implementações de aplicativos corporativos foram expandidas para a área de longa distância, um ambiente em que a banda às vezes é tão abundante quanto nas redes locais, os gerentes de TI testemunharam um declínio radical no desempenho de aplicativos. A pergunta feita pelos gerentes: “*Por que duas redes, a LAN e WAN, com capacidades de bandas idênticas, oferecem resultados com desempenho tão diferente?*”

A resposta é que o desempenho dos aplicativos é afetado por muitos fatores associados tanto com a rede quanto com a lógica do aplicativo, e que isso precisa ser resolvido para que se obtenham resultados satisfatórios em termos de desempenho de aplicativos. No nível de rede, o desempenho dos aplicativos é limitado pela alta latência (efeito da distância física), Jitter, perda de pacotes e congestionamento. No nível de aplicativo, o desempenho é ainda mais limitado pelo comportamento natural dos protocolos de aplicativos (especialmente em situações com latência, *jitter*, perda de pacotes e congestionamento no nível de rede), que executam *handshakes* em excesso nos *links* das redes, e pela serialização dos próprios aplicativos.

O desempenho e a capacidade dos aplicativos são influenciados por muitos fatores. A latência e a perda de pacotes têm um efeito profundo no desempenho de aplicativos. A *Lei de Little*², uma descrição seminal da teoria de enfileiramento e uma equação que modela os efeitos da distância física (latência) e perda de pacotes, ilustram o impacto desses dois fatores no desempenho dos aplicativos.

Essa lei determina que:

$$\lambda(\text{capacidade}) = \frac{n}{t}$$

Onde:

- **n**: número de solicitações em aberto;

² Fonte: *O mito da banda e o desempenho dos aplicativos* - Otimização de Aplicações – White Paper – F5 Networks - Capítulo 2: Principais Problemas em Redes WAN

- **t**: tempo de resposta;

Em termos de protocolos baseados em IP, isso significa:

$$Capacidade\ TCP = \frac{Tamanho\ da\ janela\ de\ congestionamento}{Tempo\ de\ Ida\ e\ Volta\ (RTT)}$$

Portanto, conforme aumenta o tempo de ida e volta (RTT) de cada solicitação, a janela de congestionamento deve aumentar ou a capacidade do TCP irá diminuir. Infelizmente, o TCP não gerencia janelas grandes de forma eficiente.

Como resultado, mesmo pequenas quantidades de latência e perda de pacotes podem derrubar o desempenho de rede para um determinado aplicativo para menos de 01 Mbps. Mesmo se a capacidade de banda fosse aumentada para 100 Mbps, o aplicativo jamais consumiria mais do que 1% da capacidade total. Nessas condições, os administradores que aumentam a capacidade da rede desperdiçam dinheiro em um recurso que não pode ser consumido.

"O comportamento macroscópico do algoritmo *Congestion Avoidance do TCP*", por Mathis, Semke, Mahdavi e Ott, publicado no *Computer Communication*, review nº 27(3) em julho de 1997 [Mathis et al, 1997], oferece uma fórmula útil e simples para o limite superior da taxa de transferência:

$$Taxa = \left(\frac{MSS}{RTT} \right) \times \left(\frac{1}{\sqrt{\{p\}}} \right)$$

Onde:

- **Taxa**: a taxa de transferência ou capacidade do TCP;
- **MSS**: o tamanho máximo do segmento (fixo para cada rota da Internet, normalmente, 1460 bytes);
- **RTT**: o tempo de ida e volta (medido pelo TCP); e

- **p**: a taxa de perda de pacotes.

Quanto maior a distância em milhas, maior será o tempo de ida e volta de um pacote (RTT). Ao aumentar o tempo de vida teremos um aumento significativo nas perdas de pacote o que conseqüentemente acarreta em uma diminuição na Taxa de transferência (Capacidade em Mbps). O **Gráfico 2-1** ilustra esse conceito:

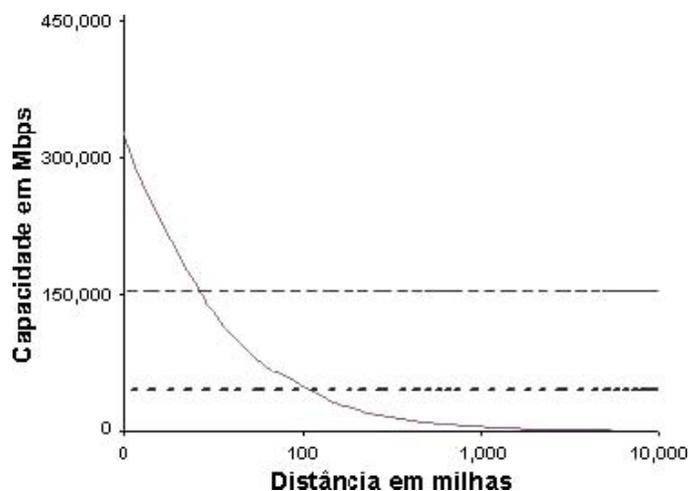


Gráfico 2-1: Desempenho do TCP em relação à distância física.

Nas redes de longa distância (WANs), as fontes de tempos altos (latência) de ida e volta incluem distância física, padrões ineficientes de roteamento de rede e congestionamentos na rede, elementos abundantes nas WANs.

Hoje, muitas pilhas do protocolo TCP são ineficientes no que diz respeito ao gerenciamento das retransmissões. De fato, algumas implementações podem ter de retransmitir toda a janela de congestionamento se um único pacote for perdido. Elas também tendem a recuar exponencialmente (ou seja, reduzir a janela de congestionamento e aumentar os temporizadores de retransmissão) quando ocorre congestionamento na rede, um comportamento que é detectado pelo TCP como perda de pacotes. E, embora a perda normalmente seja insignificante em redes de *Frame Relay* (menos de 0,01% em média), ela é muito

significativa nas redes VPN IP que vão e voltam a mercados como a China, onde as taxas de perdas normalmente superam os 5%. Nesse último cenário, as altas taxas de perda podem ter um efeito catastrófico no desempenho³.

Quando a perda de pacotes e os efeitos da latência são combinados, a queda de desempenho é ainda mais severa. O **Gráfico 2-2** ilustra esse conceito:

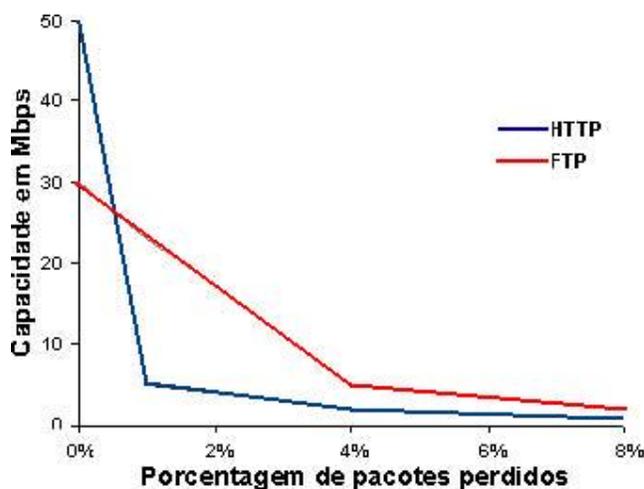


Gráfico 2-2: Desempenho do TCP na presença de perda de pacotes.

Muitos engenheiros de rede acreditam que um recuo agressivo frente ao congestionamento é necessário para manter equilibrado o acesso à rede. Embora em alguns casos isso seja verdade, em outros, não é. Quando o controle de congestionamento é responsabilidade de cada *host* em uma rede, ambiente em que cada *host* não tem conhecimento das necessidades de banda dos outros *hosts*, os recuos agressivos podem ser necessários para garantir o equilíbrio da rede. Entretanto, se o congestionamento é gerenciado na rede, por um sistema que vê todo o tráfego em uma determinada conexão WAN, é possível obter uma capacidade muito maior e mais eficiente, e os recuos agressivos não são necessários.

³ Fonte: *O mito da banda e o desempenho dos aplicativos* - Otimização de Aplicações – White Paper – F5 Networks - Capítulo 2: Principais Problemas em Redes WAN

O comportamento padrão do protocolo especifica que, quando um *host* consome banda, ele deve fazer isso independentemente de:

- Requisitos do aplicativo;
- Quantidade de banda disponível; e
- Volume de competição que existe por essa banda.

O resultado é uma situação em que os aplicativos sofrem escassez de recursos de banda ao mesmo tempo em que a rede é, em sua maior parte, subutilizada. Obviamente, essa situação é muito ineficiente.

Uma solução melhor para o problema do equilíbrio do TCP é permitir que os *hosts* individuais consumam tanta banda quando precisarem, desde que todos os outros *hosts* recebam os serviços adequados quando precisarem deles. Isso pode ser feito com a implementação de uma janela de congestionamento única, compartilhada por todos os *hosts* e gerenciada na própria rede. O resultado é um sistema em que os *hosts* obtêm a banda de que necessitam em períodos de pouca competição, e todos os *hosts* recebem banda suficiente quando a competição é mais intensa.

Esse método de janela única oferece uma utilização mais alta e uma capacidade geral maior, de maneira consistente. Cada *host* vê uma rede limpa, rápida e que nunca perde pacotes (e que, portanto, não diminui o desempenho do TCP) e as demandas cumulativas de tráfego são combinadas à capacidade de *buffering* geral da rede. Como resultado, os gerentes de TI têm uma utilização otimizada das redes, sob as mais variadas condições de latência e perda.

As soluções de janela única podem ser criadas de forma completamente transparente aos sistemas clientes. Os componentes de tais soluções podem incluir tecnologias TCP, como ACKs seletivos, gerenciamento da janela de congestionamento local, algoritmos de retransmissão melhorados e dispersão de pacotes. Essas capacidades são então combinadas com outras tecnologias que combinam as exigências de

capacidade dos aplicativos à disponibilidade dos recursos de rede e que rastreiam os requisitos de banda de todos os *hosts* na rede. Ao agregar a capacidade de vários *links* WAN paralelos, essa tecnologia pode oferecer confiabilidade e capacidade ainda maiores.

As aplicações mais utilizadas são desenvolvidas, planejadas e testadas pelos fabricantes de *software* em laboratórios controlados e ambientes de produção. Nesses ambientes “utópicos”, os nós que trocam informações das aplicações são instalados relativamente na mesma rede (em se falando do mesmo segmento físico – instalados no mesmo *switch*) ou então pertencem a mesma *subnet*. Estes ambientes não representam o modelo que as empresas seguem ao instalar as aplicações pelos seguintes motivos [COAT]:

- A banda é geralmente ilimitada. *Fast Ethernet* ou *Gigabit Ethernet* são utilizados para interconectar os dispositivos no ambiente de desenvolvimento;
- A proximidade entre os nós resulta em baixa latência. A adjacência entre os nós significa que os dados podem ser trocados a taxas mais altas, porque os *delays* de transmissões e as serializações são baixos; e
- Contenção ou congestionamento na rede é praticamente impossível. Com uma alta banda e baixa latência, encontrar uma contenção para os recursos de rede é improvável. O gargalo neste caso pode existir devido à capacidade de *hardware* do servidor utilizado.

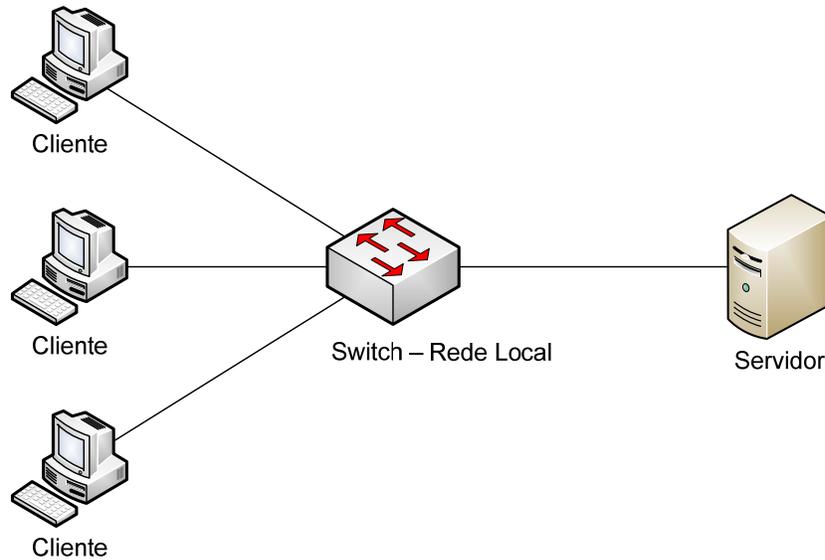


Figura 2-5: Cenário de uma rede local utilizadas para testes e desenvolvimento de aplicativos.

A realidade atual é que a rede WAN das empresas apresentam um gargalo significativo no acesso às aplicações, uma vez que algumas empresas são grandes o suficiente para custear uma infra-estrutura distribuída face a centralização. Quando uma aplicação é instalada em um ambiente WAN, a eficiência e performance encontrados no ambiente da **Figura 2-5**, não se fazem presentes.

A rede e fatores de transporte têm o impacto direto em aplicações instaladas em uma rede WAN. Dentre estes podemos citar:

- *Bandwith*;
- Latência;
- *Throughput*;
- Congestionamento; e
- Perda de Pacote.

2.4.1.1 *Bandwith*

Bandwith (Largura de Banda) é a quantidade de dados que podem passar por um canal de comunicação em um período de tempo.

Especificamente, cada mensagem que é trocada entre dois nós comunicantes em uma rede requer a disponibilidade de capacidade de rede ou *bandwidth*, esteja disponível para permitir o tráfego de informações entre os dois nós [CISCO PRESS].

Em uma rede local (LAN) cujos nós encontram-se conectados ao mesmo *switch* ou em uma rede pertencente à mesma *subnet* cujos nós estão conectados com certa proximidade entre eles, a *bandwidth* disponível é geralmente muito maior do que aquela requerida entre os dois nós comunicantes. Entretanto, os nós podem estar distribuídos em uma rede mais complexa, entretanto uma rede *oversubscribed* (quando a velocidade máxima da porta é menor do que a quantidade de informações enviadas) ou pontos de agregação podem estar localizados dentro da rede. Estes dois fatores possuem um impacto significativo na performance das aplicações, porque uma rede *oversubscribed* ou ponto de agregação deve efetivamente limitar as transmissões de redes conectadas diretamente e negociar o acesso de uma rede de alta capacidade para uma de baixa velocidade, rede *oversubscribed*.

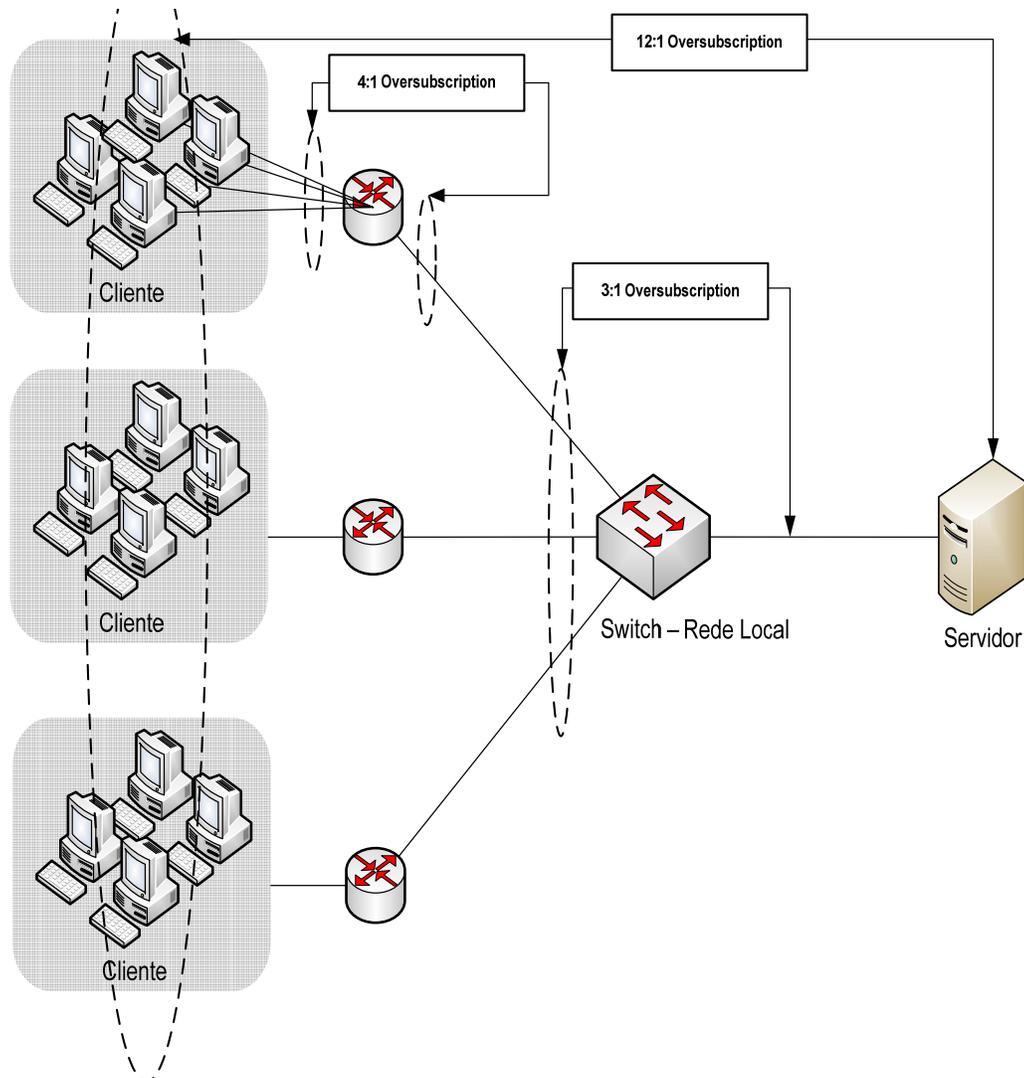


Figura 2-6: Cenário de uma rede local utilizada para testes e desenvolvimento de aplicativos.

Assumindo a equidade entre as conexões priorizadas, cada cliente irá receber aproximadamente 8% da capacidade de rede do servidor, e neste caso não é levado em conta o *overhead* associado à aplicação, transporte ou as mecânicas da camada de rede (*overhead* associado a protocolos).

Este problema é agravado em ambientes WAN onde a *oversubscription* ou agregação terá um impacto muito maior. No caso de uma rede WAN, em que não apenas vários dispositivos de rede farão

acesso a *bandwidth* disponível, mas a *bandwidth* disponível é muito menor do que a utilizada para a comunicação entre os dispositivos em uma rede LAN.

2.4.1.2 Latência

Historicamente, várias empresas simplesmente adicionaram uma capacidade maior de *bandwidth* na rede para garantir uma melhor performance às aplicações. Nos dias atuais, a *bandwidth* disponível para as redes é exponencialmente maior do que no passado, *extra-bandwidth* é erroneamente interpretado como o problema para a performance das aplicações. As métricas para avaliação de rede foram alteradas e na maioria dos casos o gargalo encontrado que impactava na performance das aplicações não é mais problema de *bandwidth*.

Latência é o período de aparente inatividade entre o que o estímulo é apresentado e o momento que a resposta ocorre, que é traduzido em uma nomenclatura de rede como a quantidade necessária para transmitir a informação de um nó para outro nó entre uma rede. A latência pode ser examinada de duas maneiras [CISCO PRESS]:

- *One-way Latency*, ou *delay*, é a quantidade de tempo que um dado leva para chegar ao destinatário uma vez o pacote deixado o emissor.
- *Roundtrip Latency* que é mais complexo e envolve um conhecimento profundo das camadas de hierarquias de comunicações, é o tempo que um dado leva para chegar ao destinatário uma vez o pacote deixado o emissor, mas também é o tempo que o emissor leva para receber uma resposta do destinatário.

A comunicação entre dois nós em uma rede envolvem várias camadas contíguas. Cada uma dessas camadas apresenta seus desafios em termos de latência, porque cada uma adiciona seu somatório de *delay* ao transferir os dados de um nó para outro.

2.4.1.3 Throughput

Os dois itens anteriores analisam a Latência e *Bandwith* como características que deterioram a performance da aplicação em uma rede WAN. A terceira característica limitadora mais comum é o *Throughput*. *Throughput*, ou a taxa de transferência efetiva de dados, é impactada pelos seguintes fatores em uma rede:

- Capacidade: o mínimo e máximo de *bandwith* disponível dentro de uma rede entre dois nós;
- Latência: a distância entre dois nós conectados e o tempo de transferência de dados entre eles; e
- Perda de Pacotes: é a porcentagem de pacotes que são perdidos em trânsito devido a *oversubscription*, congestionamento ou outro evento de rede.

A capacidade de uma rede é um dos problemas mais fácil de identificar e eliminar porque está relacionada com a performance da aplicação na rede. Com a capacidade da rede, a quantidade de *throughput* que uma aplicação pode utilizar nunca irá exceder a capacidade do *hop* intermediário da rede. [CISCO PRESS]

2.4.1.4 Congestionamento

Um dos fatos indesejáveis que prejudicam o desempenho das redes e constitui uma classe de problema, particularmente importante é o do congestionamento. É um dos principais problemas das redes comutadas por pacotes como as redes IP. Este problema poderá se tornar crítico nos próximos anos devido ao crescimento do número de usuários, do número de aplicações, principalmente as de multimídia, e da complexidade das mesmas. As duas causas básicas do congestionamento são:

- A insuficiência para acomodar o fluxo de tráfego presente e o excesso entre a taxa de chegada de pacotes;

- Taxa de serviço em um ou mais nós da rede;

Tal excesso ocasiona desbalanceamento do tráfego em nós da rede, onde um conjunto de recursos fica sobrecarregado, enquanto outro conjunto de recursos é sub-utilizado.

O pensamento dominante há quinze anos era que os congestionamentos poderiam ser resolvidos somente com um incremento significativo das velocidades de transmissão dos enlaces, com um acréscimo do poder de processamento dos nós de comunicação e com a utilização de grandes *buffers* para o armazenamento de pacotes.

2.4.1.5 Perda de Pacotes

Perda de pacotes é o índice que mede a taxa de sucesso na transmissão de pacotes IP entre dois pontos na rede. É normalmente exibida como uma porcentagem, indicando percentual de pacotes perdidos. Quanto menor a perda de pacote, maior a eficiência da rede.

No caso se existirem pacotes perdidos na sequência de ping, deve ser determinado o que causa a perda de pacotes. As mais possíveis são:

- Colisões em um segmento de rede;
- Pacotes perdidos por um dispositivo da rede

2.5 OTIMIZADORES WAN

Um Otimizador WAN tem por objetivo tornar as redes geograficamente distribuídas um local mais tolerável para o tempo de vida de um pacote, removendo a grande maioria dos problemas encontrados que impactam diretamente na performance. Por exemplo, a compressão avançada de rede pode ser aplicada para melhorar o desempenho minimizando a quantidade de dados que necessitam trafegar na rede WAN.

A otimização de redes WAN tornou-se crucial para a performance da

maioria das aplicações devido ao grande número de usuários que recebem as suas aplicações críticas pelas redes WAN. Isto ocorre devido ao grande número de usuários localizados em escritórios remotos e as companhias estão reduzindo os servidores locais por razões de custo e segurança.

Entretanto maximizar a performance de uma aplicação em uma rede WAN é desafiador devido a:

- Aplicações que foram desenvolvidas para rodar em redes locais (LAN) e não em redes WAN. O uso excessivo de banda induzindo a latência e a perda de pacote podem se tornar prevalentes em uma rede geograficamente distribuída (WAN);
- O tráfego de aplicações não críticas continuam a crescer afetando a performance e a banda para aplicações críticas;
- Aplicações diferenciadas com comportamentos divergentes na rede e o pré-requisito por banda. Aplicações *real-time*, como por exemplo, VOIP, não possuem o mesmo perfil que uma instância para transferência de arquivos; e
- Adicionar banda para aumentar a performance das aplicações, em alguns casos, não resolve o problema. O aumento da banda não endereça o problema dos atrasos, devido à distância ou micro-congestionamentos devido à utilização por vários usuários simultâneos.

Os otimizadores utilizam uma combinação de funções que ajudam a aumentar a performance de aplicações em uma rede, como por exemplo, aceleração de protocolos e cache de informações. Estas funcionalidades ajudam a mitigar vários dos fatores limitadores de performance em uma rede corporativa atualmente, entre os problemas podemos citar: disparidade de banda, congestionamento, perda de pacotes e latência.

Para algumas aplicações o nível de aceleração provida por um otimizador ao acessar uma aplicação em uma rede WAN é semelhante ao

encontrado quando as mesmas aplicações são acessadas através de uma rede local (LAN). Desta forma os otimizadores WAN ajudarão, não apenas, a melhorar o desempenho dos acessos feitos pelos usuários aos dados e aplicações que estão centralizadas e acessadas através de uma rede WAN, mas também fornecer níveis aceitáveis de utilização de forma a permitir que outros serviços venham a ser centralizados, uma vez que alguns recursos encontram-se instalados de maneira distribuída.

Com a utilização da tecnologia de aceleração WAN, as empresas se tornarão mais confiantes e capazes ao implantar aplicações centralizadas, permitindo a consolidação de uma maior quantidade de serviços em poucos locais para melhor atender a proteção de dados, conformidade, custos e gestão operacional não comprometendo, desta maneira, os níveis aceitáveis de utilização e produtividade.

A otimização WAN é um conjunto de serviços que supera limitações de performance causadas por protocolos de transporte, condições e utilização de rede. Os três algoritmos mais comuns de aceleração são:

- Otimização TCP;
- Compressão;
- Supressão de Dados; e
- *Traffic Shapping*.

Os otimizadores ou aceleradores WAN fazem parte do escopo de estudo e avaliação deste Projeto, como será verificado nos capítulos posteriores. Dentre os algoritmos mencionados abaixo, este projeto dar-se-á em torno da Aceleração de Protocolo (HTTP) e Compressão de dados.

2.5.1 Otimização TCP

O TCP é particularmente desafiado em um ambiente WAN devido a sua arquitetura, mais especificamente através da orientação a conexão e da garantia de entrega do pacote. Ainda, o TCP tem apenas uma capacidade

limitada de memória atribuída a cada conexão, ou seja, apenas uma quantidade limitada e pequena de dados pode ser enviada por vez. Além disso, a grande maioria das limitações do TCP são auto-impostas por nós que efetuam a entrega dos dados; isto é, sistemas operacionais possuem pilhas TCP limitadas que não facilitam a transmissão de dados utilizando velocidades superiores às atuais através de uma WAN.

A **Figura 2-7** ilustra como o TCP possui uma sensibilidade à latência e é ineficiente na retransmissão quando uma perda de pacote é encontrada. Temos também um aumento exponencial do *throughput*. Em ambiente que possuem alta latência, o pacote pode levar um tempo considerável até que uma quantidade de dados considerável possa ser transmitida para cada transação. Quando uma perda é detectada o TCP é forçado a retransmitir o conjunto de dados contidos na janela que sofreu a perda, ocasionando utilização ineficiente da rede e perda de performance.

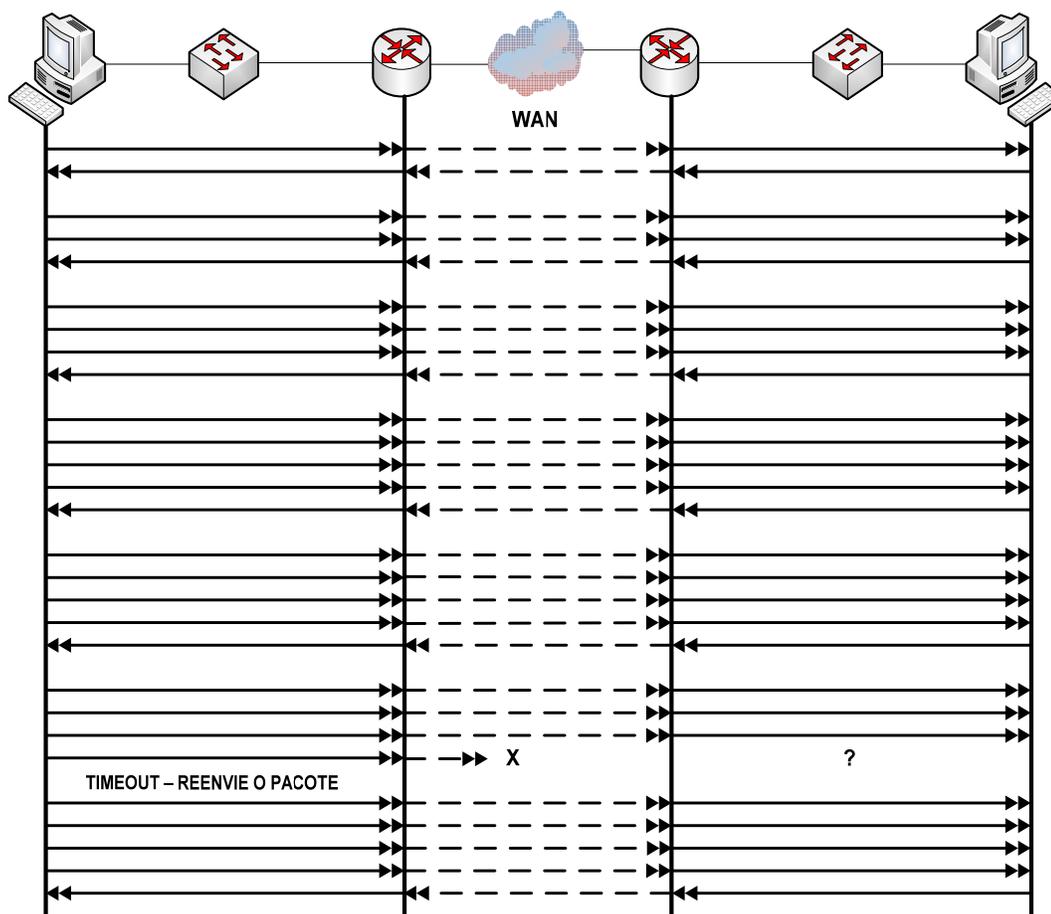


Figura 2-7: Tráfego de dados TCP, perda de pacotes e o aumento de *throughput* em uma rede WAN.⁴

A capacidade de otimização TCP auxilia as aplicações TCP utilizarem melhor a rede superando as limitações impostas por ela, como por exemplo, latência, *bandwidth*, perda de pacote e a pilha TCP em si. A maioria desses serviços são implementados como parte de um *proxy* TCP, permitindo que o otimizador armazene temporariamente os dados em um buffer em nome dos clientes e servidores para que taxas maiores de *throughput* e confiabilidade possam ser atingidas em uma rede WAN.

A aceleração TCP consiste das seguintes otimizações:

⁴ Fonte: E-book da CISCO.

- Escalabilidade da janela virtual: permite que a largura de banda em uma rede WAN tenha sua utilização mais efetiva pela conexão aumentando o tamanho da janela de transmissão. Isso permite que uma quantidade maior de dados possa ser enviada.
- Controle da perda: permite uma retransmissão mais inteligente e algoritmos para a correção de erro para garantir que a perda de pacote seja minimizada; e
- Gerenciamento avançada de congestionamento: altera o comportamento dos protocolos de transporte para habilitar um melhor gerenciamento da recuperação da perda de pacote e escalabilidade de largura de banda.

A **Figura 2-8** ilustra o cenário no qual um acelerador foi implantado utilizando o *TCP Proxy*. De acordo com o cenário cada acelerador controla a conexão TCP adjacente. Desta forma, o acelerador fornece um controle local dos dados TCP trocados entre cliente-servidor armazenando-os em *buffer* e gerenciando as conexões entre os “*peers*”. As condições adversas de uma rede WAN podem ser tratadas pelo acelerador em nome do cliente ou do servidor. Desta forma não há a necessidade de retransmissão do pacote por parte do cliente, o acelerador é capaz de lidar com este problema.

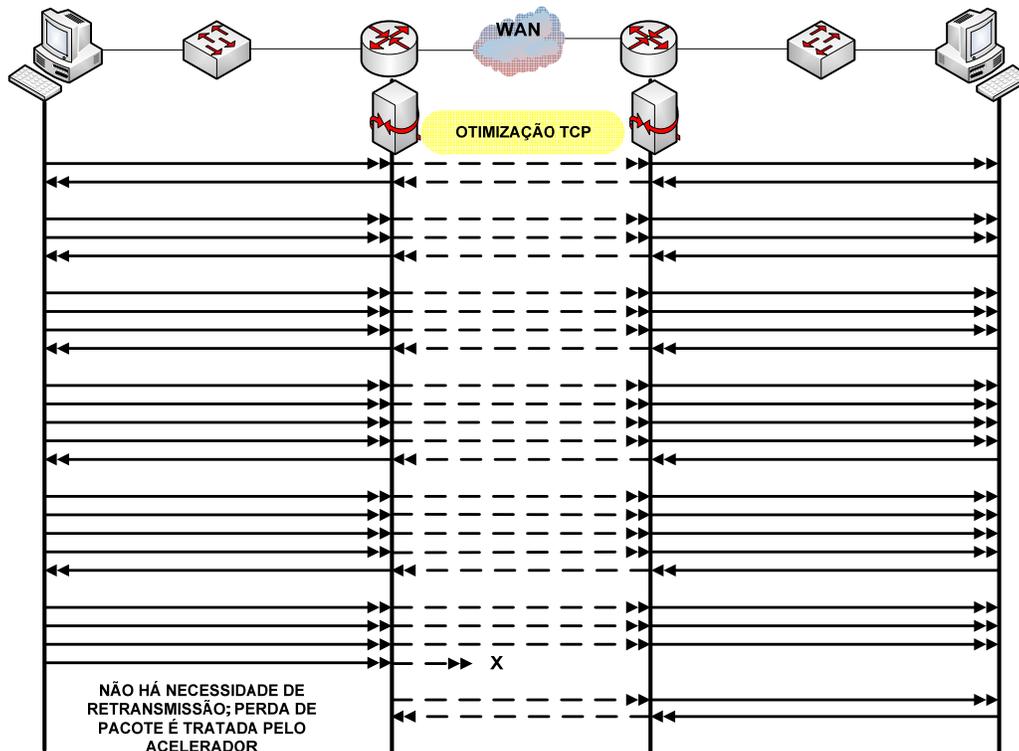


Figura 2-8: Cenário ilustrando a utilização de um acelerador TCP com a funcionalidade TCP Proxy.⁵

2.5.2 Supressão de Dados

A supressão de dados é uma função de otimização WAN que permite aos aceleradores transferências redundantes em uma rede WAN, fornecendo, desta forma, reduções significativas no consumo de banda e *throughput*. Este método é o meio pelo qual os aceleradores mantêm um repositório local dos padrões já visualizados no tráfego. Quando um padrão redundante é identificado, ele é substituído por um identificador único. Este identificador é a representação do padrão original de um dado ou da referência de um bloco de dados encontrado no repositório.

Supressão de dados também é conhecida como “*codebook compression*” porque cada um dos aceleradores mantém um histórico de compressão (identificadores únicos e padrões de dados) chamado

⁵ Fonte: E-book da CISCO.

“codebook”, isto faz com que o acelerador controle transmissões redundantes. Na maioria dos casos, o *codebook* pode ser implementado utilizando a capacidade em memória (maior performance) e disco (menor performance).

2.5.3 Compressão de Dados

A compressão é similar a supressão de dados na medida em que é possível minimizar a quantidade de dados que é trafegada na rede. Considerando que a supressão de dados utiliza o *codebook* para minimizar a transmissão de dados redundantes, a compressão tradicional emprega algoritmos que avaliam dados dentro de uma janela (dentro de um pacote ou dentro de uma conexão para compressão baseada em sessão) para encontrar áreas de consolidação.

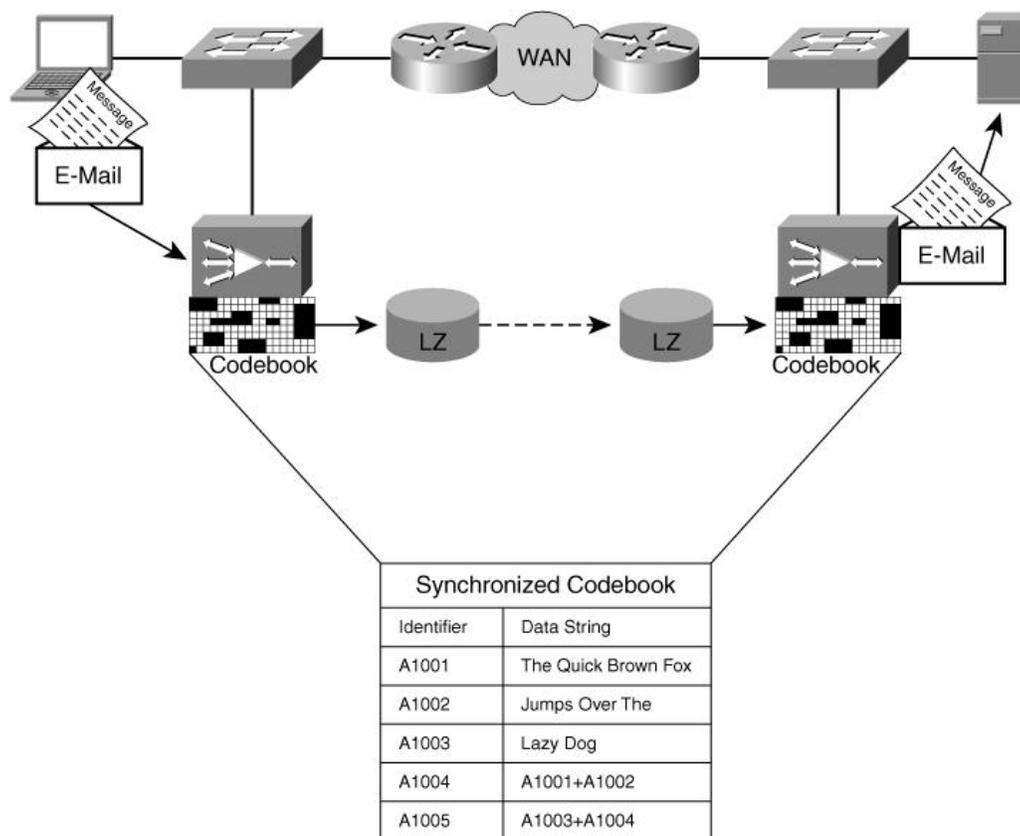


Figura 2-9: Cenário mostrando a utilização de um acelerador TCP com a funcionalidade TCP Proxy. [FONTE: Application Acceleration and WAN Optimization Fundamentals – Cisco Press]

A compressão é útil quando a primeira transferência de um dado não é reconhecida como redundante pela biblioteca de supressão de dados, porém este dado pode ser comprimido para o posterior envio. Nestes casos, a compressão ajuda a minimizar a quantidade de banda consumida para a primeira transmissão de um conjunto de dados. Em vários casos, os identificadores únicos gerados pela tecnologia de supressão de dados para um padrão de dados redundantes podem ser comprimidos. Desta forma os dados redundantes não apenas sofrerão o controle de redundância, mas também a compressão dos dados mencionados provendo assim uma diminuição no consumo de banda e *throughput*.

2.5.4 Traffic Shapping

Controla a utilização de dados baseando-se no controle e priorização do tráfego a partir de um fluxo específico. Uma porcentagem da banda é reservada para cada serviço que utilizará o *link* WAN.

A **Figura 2-10** ilustra a reserva de banda para cada aplicação, simulando tubos de tamanhos diferenciados, de maneira que o administrador possa controlar a quantidade de banda disponível para cada aplicação, sendo o tubo cinza a banda total disponível para utilização/controle.

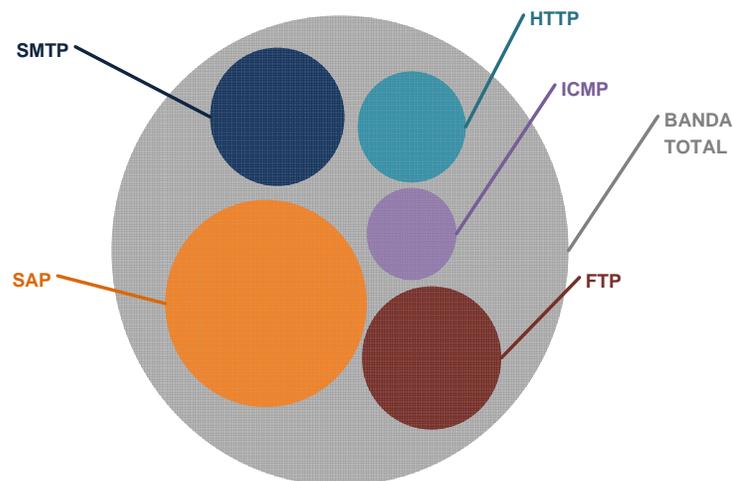


Figura 2-10: Controle e Reserva de Banda para Aplicações

CAPÍTULO 3. INFRA-ESTRUTURA DO PROJETO

Este terceiro capítulo trata das especificações e desenvolvimento do Projeto.

A concepção deste Projeto esta na implementação de um acelerador na borda da “rede local” de forma que todo acesso possa ser acelerado através da comunicação entre o agente instalado na máquina remota e o acelerador na rede local.

Tal ambiente proposto será comparado com o ambiente base, no qual nao haverá nenhum metodo de otimização dos pacotes trafegados na rede WAN Através de análises comparativos e calculos estatísticos serao obtidos os resultados propostos para este projeto.

Através das estruturas montadas serão analisados o tempo de cada um dos problemas mencionados no capítulo 2, entre eles: *throughput*, *bandwith*, latência e *jitter*.

A seguir, serão apresentadas as topologias, especificações e soluções adotadas no desenvolvimento do projeto.

3.1 TOPOLOGIA

O Projeto físico será dividido em dois cenários, distintos, de forma que, o primeiro cenário demonstrará um cliente sem o otimizador WAN e um segundo com o otimizador WAN, sendo que para o segundo cenário serão avaliados dois algoritmos de aceleração de forma a mensurar o mais otimizado.

3.1.1 Cenário Base

A **Figura 3-11** mostra a estrutura física montada para o Cenário Base, que servirá de comparação para os demais objetos de testes deste projeto.

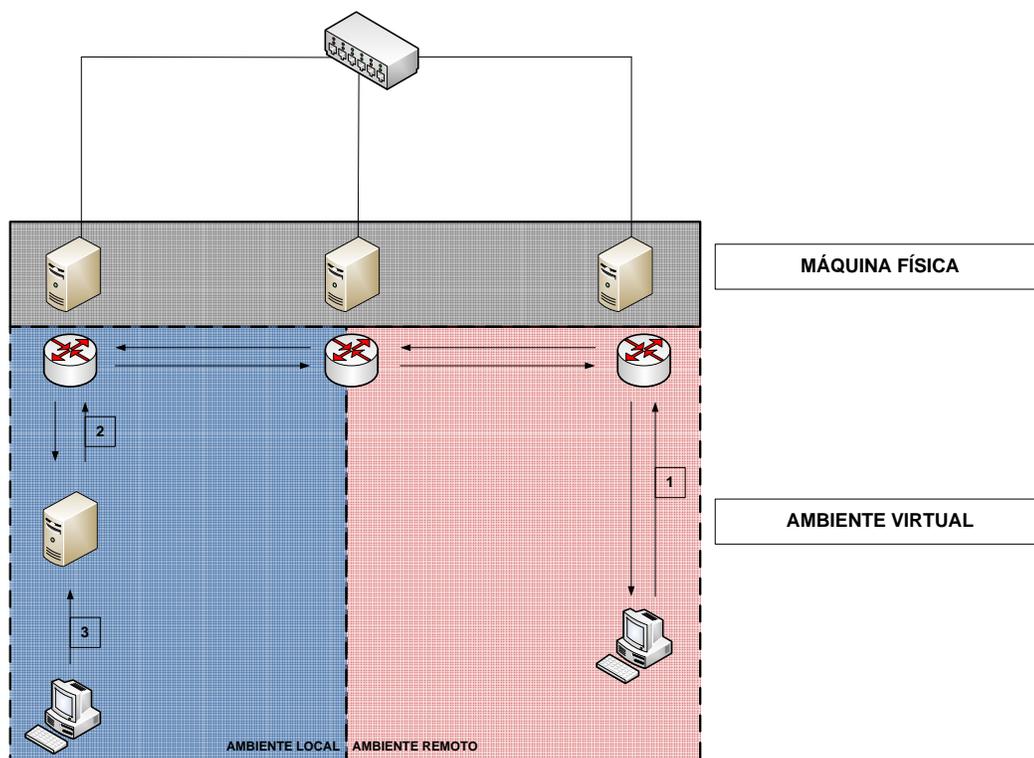


Figura 3-11: Cenário Base demonstrado fisicamente

O cenário acima foi todo virtualizado e dividido em três computadores físicos. Sendo os últimos demonstrados no quadro cinza, e as máquinas virtuais, pela qual elas respondem, encontram-se nos quadros rosa (Ambiente Remoto) e azul (Ambiente Local). Todos os roteadores demonstrados na imagem acima estão conectados diretamente nas placas de rede físicas dos computadores. Os clientes e servidores estarão localizados em uma rede virtual. Esta rede não pode ser acessada a partir de nenhum outro local, desta forma, o ambiente local e ambiente remoto estão isolados e a comunicação entre eles obrigatoriamente deve ser encaminhada pelos roteadores adjacentes.

Neste cenário o “Cliente Remoto” fará um acesso (1) a uma página *WWW* hospedada no mesmo servidor, simulando um Sistema *Web*. O servidor irá responder à solicitação de acesso à página *web* (2). Não haverá autenticação, uma vez que o intuito do Projeto é apenas mensurar a eficácia

de algoritmos de aceleração WAN, e não métodos de autenticação e criptografia.

3.1.2 Cenário Comparativo

A **Figura 3-12** mostra a estrutura física montada para o cenário comparativo, que servirá como parâmetro de comparação com o cenário base. Neste cenário será inserido o acelerador com o intuito de coletar os resultados, a fim de estabelecer os resultados propostos para este projeto.

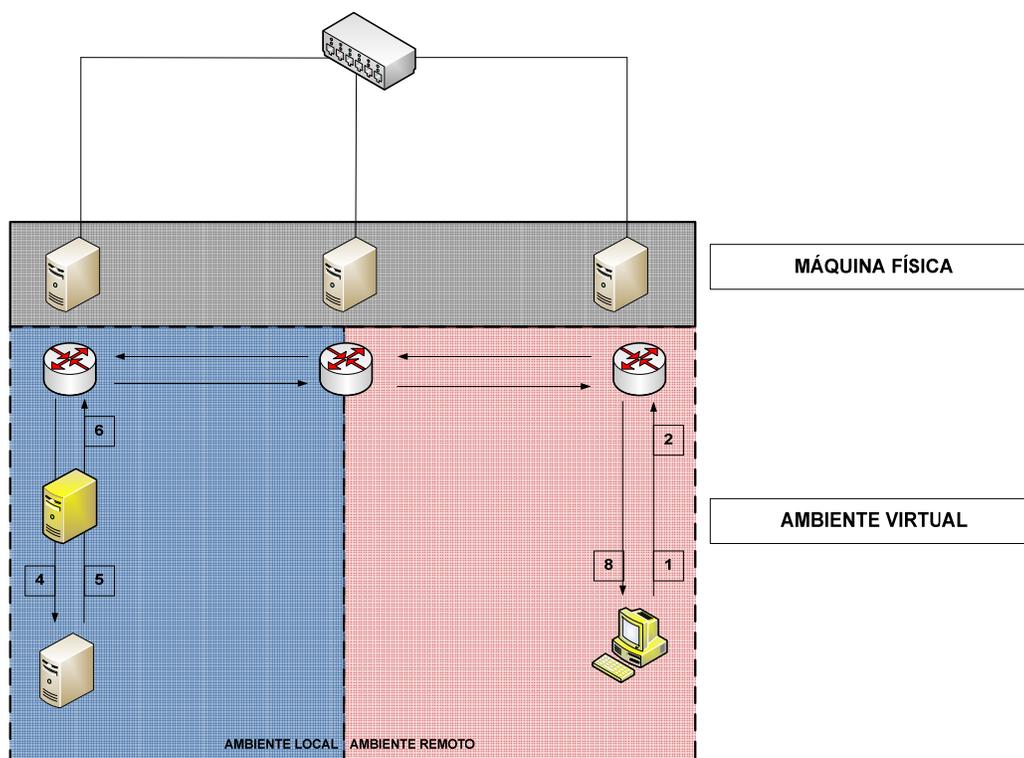


Figura 3-12: Tecnologia de virtualização

O cenário acima foi todo virtualizado e dividido em três computadores físicos. Sendo os últimos demonstrados no quadro cinza, e as máquinas virtuais, pela qual elas respondem, encontram-se nos quadros rosa (Ambiente Remoto) e azul (Ambiente Local). Todos os roteadores demonstrados na imagem acima estão conectados diretamente nas placas de rede físicas dos computadores. Os clientes e servidores estarão localizados em uma rede

virtual. Esta rede não pode ser acessada a partir de nenhum outro local, desta forma, o ambiente local e ambiente remoto estão isolados e a comunicação entre eles obrigatoriamente deve ser encaminhada pelos roteadores adjacentes.

Neste cenário, o “Cliente Remoto” fará a requisição de um acesso via protocolo *HTTP* (1) ao servidor *Web*, porém, será instalada a porção cliente do software de aceleração no “cliente remoto”. O cliente aponta todas as requisições *HTTP* para o acelerador posicionado na borda da rede local(2). O acelerador possui em sua base de dados os servidores de aplicações cadastrados de forma que, para que o tráfego seja acelerado é necessário que tal servidor exista nesta tabela. Desta forma, ao receber uma requisição destinada ao servidor *Web*, o tráfego será redirecionado para o acelerador e este fará toda a aceleração *HTTP*. O acelerador do ambiente remoto irá interceptar o pacote e enviará para o servidor *Web* (4) no “Ambiente Local”. O Servidor *Web* recebe a requisição e retorna ao cliente (5). Durante o envio, o acelerador intercepta o pacote e o envia para o próximo hop (6). O software de aceleração instalado no cliente do “Ambiente Remoto” recebe o pacote e entrega para o usuário, a página desejada.

3.2 HARDWARE

Para a execução dos testes deste Projeto, serão utilizados os seguintes equipamentos:

3.2.1 Computador 1

Nome do Computador: NBTBSB247

Modelo: Compaq 6710B

Processador: Core 2 Duo T5610

Memória: 2 Gb DDR2

Disco Rígido: 160 Gb – SATA

Placa de Rede: *Broadcom Netlink (TM) Gigabit Ethernet*

Sistema Operacional: *Windows XP Professional Edition Service Pack 3*

3.2.2 Computador 2

Nome do Computador: NOTE-CASA

Modelo: HP *Pavillion DVxxx-go*

Processador: Core 2 Duo T8800

Memória: 4 Gb DDR2

Disco Rígido: 320 Gb – SATA

Placa de Rede: *Broadcom Netlink (TM) Gigabit Ethernet*

Sistema Operacional: *Windows Vista Home Premium 64-bits Service Pack 1*

3.2.3 Computador 3

Nome do Computador: CASA

Modelo: *Desktop Genérico*

Processador: *Athlon XP 64 bits – 2.0Ghz*

Memória: 1,7 Gb DDR1

Disco Rígido: 100 Gb – IDE

Placa de Rede: *Broadcom Netlink (TM) Gigabit Ethernet e VIA Netlink*

Sistema Operacional: *Windows Vista Home Premium 64-bits Service Pack 1*

3.3 SOFTWARE E FERRAMENTAS UTILIZADAS

Neste tópico serão apresentados os principais *softwares* aplicados nos computadores 1, 2 e 3.

3.3.1 Computador 1

- *Vmware Workstation 6.0.5 – Trial*
 - Máquina Virtual Cliente Remoto
 - i. *Windows XP Professional SP2*
 - ii. Memória: 256Mb
 - iii. Disco: 8 Gb
 - iv. Placa de Rede

- Máquina Virtual Roteador Remoto
 - i. *Red Hat Advanced Server 3*
 - ii. Memória: 128Mb
 - iii. Disco: 2Gb
 - iv. Placa de Rede:
 1. *Vmware Adapter*
 2. *Vmware Adapter*
- Máquina Virtual Acelerador *Reptor*
 - i. *Debian* Customizado pelo fabricante
 - ii. Memória: 1Gb
 - iii. Disco: 10Gb
 - iv. Placa de Rede: *Vmware Adapter*
- *Wireshark*
- *Tcpdump*

3.3.2 Computador 2

- *Vmware Workstation 6.0.5 – Trial*
 - Máquina Virtual Roteador Remoto
 - *Red Hat Advanced Server 3*
 - CPU
 - Memória: 128Mb
 - Disco: 2Gb
 - Placa de Rede:
 - *Vmware Adapter*
 - *Vmware Adapter*
- *Wireshark*
- *Tcpdump*

3.3.3 Computador 3

- *Vmware Workstation 6.0.5 – Trial*

- Máquina Virtual Cliente Local
 - *Windows XP Professional SP2*
 - CPU
 - Memória: 256Mb
 - Disco: 8 Gb
 - Placa de Rede
- Máquina Virtual Roteador Local
 - *Red Hat Advanced Server 3*
 - CPU
 - Memória: 128Mb
 - Disco: 2Gb
 - Placa de Rede:
 - *Vmware Adapter*
 - *Vmware Adapter*
- Máquina Virtual Acelerador *Reptor*
 - *Debian* Customizado pelo fabricante
 - CPU
 - Memória: 2Gb
 - Disco: 1Gb
 - Placa de Rede: *Vmware Adapter*
- Máquina Virtual *Enterprise Manager – Reptor* (Gerência dos Aceleradores)
 - *Debian* customizado pelo fabricante
 - CPU
 - Memória: 512 Mb
 - Disco: 1Gb
 - Placa de Rede: *Vmware Adapter*
- *Wireshark*
- *Tcpdump*

3.4 MEDIDAS DE DESEMPENHO

Os cenários mencionados acima têm por objetivo medir os parâmetros de latência, tempo de resposta, vazão e o *Jitter*, e compará-los de forma a medir a eficácia dos algoritmos empregados para a aceleração da comunicação entre os dois pontos. São eles:

- A. Compressão de Pacote/*Frame*
- B. Aceleracao de Tráfego por Protocolo

Após a comprovação da eficácia destes protocolos, será feito um estudo de retorno de investimento com base nos seguintes parâmetros:

- A. Tempo diferencial entre o tempo de acesso sem acelerador e com acelerador
- B. Perdas sem acelerador em um ano
- C. Ganhos com acelerador em um ano

A intenção deste último comparativo é demonstrar que após um tempo o acelerador venha a ser pago com a redução no prejuízo que a empresa (fictícia) possuía. O cálculo se dará através do custo de um link de 1 Mb para uma empresa fictícia. A partir do valor base, será utilizado o valor alcançado nos testes para mensurar a economia com a utilização do acelerador. Levando em consideração que os cálculos serão feitos para um dia, os mesmos serão replicados para semana, mês e ano.

3.5 MEDIDAS PARA COMPARAÇÃO ENTRE ALGORITMOS

Para o cenário base, será feito uma série de 10 acessos, sendo que o tempo médio será utilizado como base comparativa. Ambos os resultados serão registrados em uma tabela de forma a registrar todos os tempos mensurados. Para cada tentativa, o ambiente terá seus repositórios limpos de forma que estes não interfiram no tempo mensurado.

Devido à facilidade de utilização das máquinas virtuais elas permitem

que o estado desejado possa ser salvo, desta forma, antes de cada teste a máquina virtual será restaurada de forma que estes resultados não serão interferidos por outros fatores.

Os tipos de acesso serão:

- Acesso a um *website* – Via Protocolo HTTP

Através da medição dos valores mencionados acima (Itens 3.4 e 3.5), será feita uma linha base e estes valores apresentados de forma comparativo entre os ambientes mencionados.

No capítulo seguinte serão descritos os passos para a montagem dos ambientes de testes.

CAPÍTULO 4. IMPLEMENTAÇÃO

Este capítulo descreverá os processos de montagem, instalação e configuração dos Servidores *Web Apache* e *Joomla*, *Replify Reptor Accelerator*, *Reptor Enterprise Manager*, Roteadores LAN e WAN e as conexões necessárias para o funcionamento do projeto de acordo com as especificações descritas no capítulo 3.

4.1 TOPOLOGIA DO PROJETO

4.1.1 Topologia do Cenário Base

O cenário base tem o intuito de fornecer os valores que mais se assemelham ao ambiente de produção de algumas empresas, que possuem um ambiente distribuído com várias filiais, tendo sua interligação, sendo feita basicamente, por redes WAN's. Neste ambiente, não haverá nenhuma aceleração de protocolo ou compressão de forma a otimizar a comunicação e a rede WAN proposta não é influenciada por perdas de pacotes, alta latência, entre outros fatores que possam afetar a transmissão de dados.

Este cenário é composto dos seguintes componentes:

- Ambiente Local:
 - Computador 1: *Apache + Joomla!*
 - Computador 2: Cliente *Windows XP*
 - Computador 3: Roteador *Red Hat Advanced Server 4*
- Ambiente WAN:
 - Computador 1: Roteador *Red Hat Advanced Server 4*
- Ambiente Remoto:
 - Computador 1: Roteador *Red Hat Advanced Server 4*
 - Computador 2: Cliente *Windows XP*

Devido a limitações encontradas na execução do Projeto, foi definida a utilização de máquinas virtuais para o desenvolvimento do projeto físico. Para cada um dos ambientes mencionados deve ser considerado um computador físico. Este método foi adotado devido à existência de apenas uma placa de rede (*Ethernet*), em cada um dos computadores utilizado, sendo a única exceção o computador do Ambiente *WAN*, que no caso, possui duas placas de rede.

De acordo com o exposto acima a arquitetura física ficou definida conforme ilustrado na **Figura 4-13** a seguir:

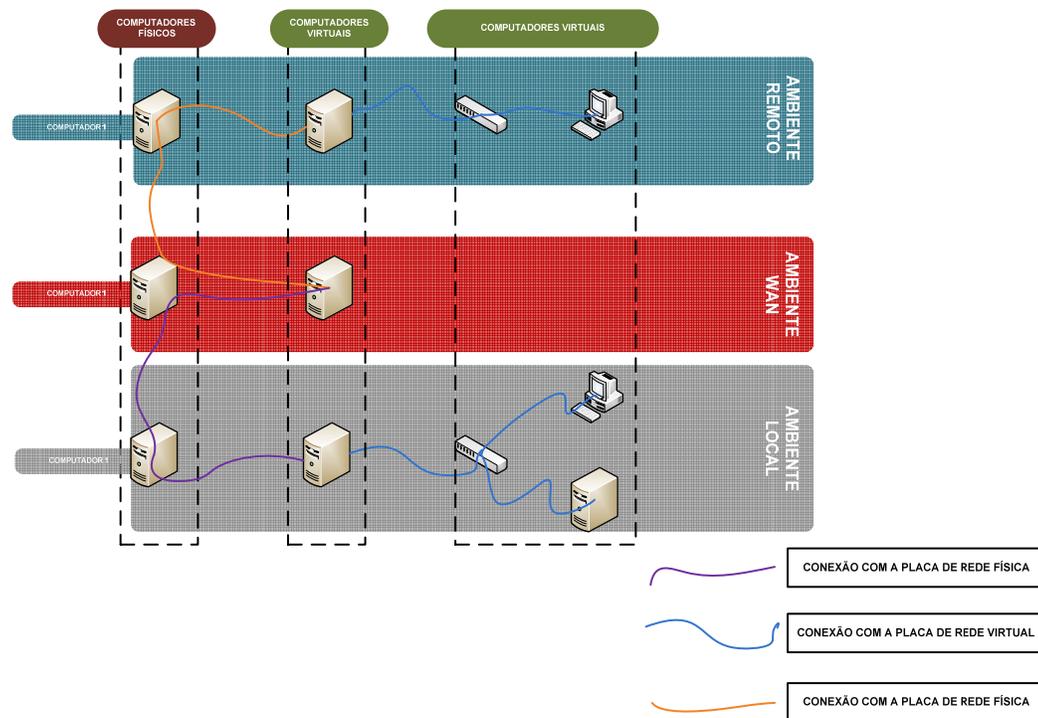


Figura 4-13: Arquitetura Física

4.1.1.1 Computador 1 – Ambiente Remoto

Este computador armazena uma máquina responsável pelo roteamento entre a rede do Ambiente Local e a máquina cliente. Este último fará requisições através de uma rede WAN com destino a um servidor WEB localizado, também, no Ambiente Local.

De acordo com o exposto acima, teremos:

- Máquina Física: *Windows XP Professional Service Pack 3*
- Máquina Virtual 1: Roteador *Red Hat Advanced Server 4*
- Máquina Virtual 2: Cliente *Windows XP*

Devido a existência de apenas uma placa de rede na máquina física foi criada uma rede virtual, utilizando o próprio *software* existente no *Vmware Workstation*. Desta forma o arranjo de rede para esta máquina ficou:

- Ambiente Físico
 - Microsoft *Windows XP SP3*
 - *Broadcom NetLink (TM) Gigabit Ethernet*
 - Endereço IP: 192.168.1.200
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Gateway: 192.168.1.5
- Ambiente Virtual
 - *Router.Remoto*
 - *VMNET 3 – Bridged - Broadcom NetLink (TM) Gigabit Ethernet*
 - Endereço IP: 192.168.1.1
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Gateway: 192.168.1.5
 - *VMNET2:*
 - Endereço IP: 10.0.1.1
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Microsoft *Windows XP SP2*
 - *VMNET2:*
 - Endereço IP: 10.0.1.5
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Gateway: 10.0.1.1

4.1.1.2 Computador 2 – Ambiente WAN

Este computador é responsável pelo roteador que simulará o ambiente *WAN*.

Em um primeiro momento, ele fará apenas o roteamento entre as redes ambiente local e ambiente remoto, simulando a comunicação entre duas filiais remotas. Esta simulação é controlada e não há interferências, como por exemplo, latência e perda de pacote.

De acordo com o exposto teremos:

- Máquina Física: *Microsoft Windows XP Professional Service Pack 3*; e
- Máquina Virtual: *Red Hat Advanced Server 4*

Nesta máquina física existe duas placas de rede, o que possibilita a comunicação entre redes distintas e segregadas, cada uma pelo seu *default gateway* distinto. Não existindo a necessidade de compartilhamento de *interface* e nem a utilização de mais de um endereço na mesma placa para permitir a comunicação. Desta forma, o roteador hospedado na máquina virtual é responsável pelo *default gateway* do ambiente remoto e do ambiente local.

- Ambiente Físico:
 - *Microsoft Windows XP Professional Service Pack 3*
 - *Marvell Yukon PCI Gigabit Ethernet*
 - Endereço IP: 192.168.1.254
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Gateway: 192.168.1.1
 - *VIA Rhine III Fast Ethernet Adapter*
 - Endereço IP: 172.17.0.5
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Gateway: 172.17.0.1

- Ambiente Virtual:
 - Roteador WAN
 - *Red Hat Advanced Server 4*
 - VMNET 2 – *Bridged - Marvell Yukon PCI Gigabit Ethernet*
 - Endereço IP: 192.168.1.5
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Gateway: 192.168.1.1
 - VMNET 3 – *Bridged – VIA Rhine III Ethernet Adapter*
 - Endereço IP: 172.17.0.5
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Gateway: 172.17.0.1

4.1.1.3 Computador 3 – Ambiente Local

Este computador é responsável pelo ambiente local. Neste ambiente, coexistirão o servidor *Web* e uma máquina cliente. O servidor *Web* proverá um sistema *Web Joomla!*.

O cliente existente no ambiente remoto irá acessar o servidor *Web*, localizado no ambiente local. Com base nesses acessos, serão mensurados os valores, que posteriormente serão comparados com o ambiente “**acelerado**”.

- Ambiente Físico
 - Microsoft *Windows Vista Home Premium*
 - *Realtek RTL8102E Family PCI-E Fast Ethernet NIC*
 - Endereço IP: 172.17.0.254
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Gateway: 172.17.0.5
- Ambiente Virtual

- *Router.Local*
 - VMNET 3 – *Bridged - Broadcom NetLink (TM) Gigabit Ethernet*
 - Endereço IP: 192.168.1.1
 - Máscara: 255.255.255.0
 - *Gateway*: 192.168.1.5
 - VMNET2:
 - Endereço IP: 10.0.2.1
 - Máscara: 255.255.255.0
- Microsoft *Windows XP SP2*
 - VMNET2:
 - Endereço IP: 10.0.2.5
 - Máscara: 255.255.255.0
 - *Gateway*: 10.0.2.1

Para o ambiente local, primeiramente, será instalado o *software Vmware Workstation* em cada um dos computadores.

Posteriormente, para a instalação do *software* de virtualização, deverão ser configuradas as placas de rede para o endereçamento, conforme o esquema proposto para o ambiente local, *WAN* e remoto.

As conexões entre os computadores serão feitas por meio de dois cabos *Ethernet* RJ-45, categoria 5E.

A instalação do ambiente deve ser iniciada com a máquina virtual responsável pelo roteador do ambiente *WAN*. Uma vez configurado este roteador, os outros dois roteadores deverão ser configurados de forma a permitir a comunicação entre os ambientes:

- Ambiente remoto → Ambiente local; e
- Ambiente local → Ambiente remoto;

Depois de cada roteador devidamente configurado, testes de

comunicação entre as redes deverão ser realizados de forma a comprovar que a comunicação é estabelecida entre os roteadores de forma correta, conforme o roteamento proposto.

Após a instalação do roteador, deve ser configurado o servidor Web, que proverá o sistema Web. Sendo este, responsável pelos testes propostos neste Projeto.

Por último, o cliente remoto (*Windows XP*) e o cliente local deverão ser configurados de forma que testes deverão ser feitos a fim de comprovar a comunicação entre o cliente do ambiente remoto para o servidor Web do ambiente local.

4.1.2 Topologia Cenário Acelerado

Para obter os valores comparativos dos algoritmos propostos frente ao Cenário Base é necessário a adição do Acelerador *WAN* na estrutura. Desta maneira, teremos um novo cenário, o “**Cenário Acelerado**”.

A única diferença entre o cenário base e este é a adição de um acelerador *WAN* na rede local. Tal equipamento é fornecido pré-customizado pelo fabricante, sendo necessário, apenas, utilizar uma versão compatível ao *software* de virtualização para que seja possível, utilizar a máquina virtual do *Reptor Replify* e do *Reptor Enterprise Manager*.

O *Replify Reptor Virtual Appliance* é o responsável por receber as solicitações da máquina cliente e encaminhá-la ao servidor de destino, atuando de maneira semelhante a um *Proxy*.

O *Replify Reptor Enterprise Manager* é responsável pela gerência de todos os equipamentos instalados no parque, além da gerência dos clientes.

De acordo com o citado acima, as configuração para os produtos mencionados são:

- Ambiente Remoto

- Cliente
 - *Windows XP Professional Service Pack 3*
 - Endereço IP: 10.0.2.5
 - Mascara: 255.255.255.0
 - Gateway: 10.0.2.1
- Ambiente Local
 - Acelerador WAN
 - *Replify Raptor – Debian*
 - Endereço IP: 10.0.1.10
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Gateway: 10.0.1.1
 - *Replify Reptor Enterprise Manager:*
 - Endereço IP: 10.0.1.15
 - Máscara: 255.255.255.0
 - Gateway: 10.0.1.1

Parte do cenário base será mantida uma vez que, não é necessário grandes alterações no ambiente de rede, desta forma, pode-se manter os roteadores e servidor *Web*, sendo o último, um dos objetos de estudo deste projeto.

A **Figura 4-14** mostra o posicionamento do acelerador em relação a estrutura anterior (Cenário Base).

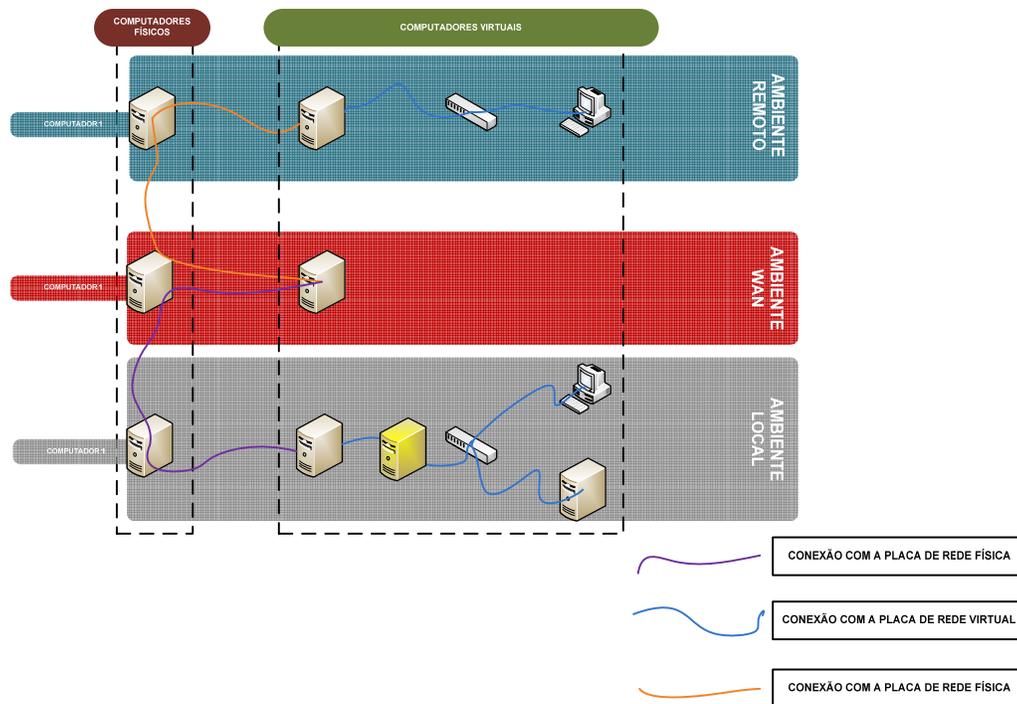


Figura 4-14: Cenário Acelerado

4.2 INSTALAÇÃO DO SOFTWARE VMWARE WORKSTATION

Não há como instalar máquinas virtuais sem a existência do *software* de virtualização. Desta forma, a instalação do VMWare *Workstation* será descrita abaixo de forma a possibilitar o melhor entendimento do passo a passo dos sistemas operacionais propostos, além dos *softwares* específicos de cada ambiente e cada servidor.

Este *software* de virtualização foi adotado devido a problemas encontrados com o *software* escolhido primariamente para a execução deste Projeto. Devido a tais percalços, a única plataforma existente que rodava em *desktop* é a solução virtualizada. As demais são soluções proprietárias que são executadas em *hardwares* específicos, o que no caso, inviabilizaria o prosseguimento deste Projeto, uma vez que, os fabricantes que possuem tal solução, não disponibilizam produtos para fins acadêmicos.

Após a definição do uso de VMWare foram escolhidos os demais *softwares* que rodarão em cada máquina virtual.

O termo máquina virtual foi descrito na década de 1960 utilizando um termo de sistema operacional: uma abstração de *software* que enxerga um sistema físico (máquina real). Com o passar dos anos, o termo englobou um grande número de abstrações – por exemplo, *Java Virtual Machine* – JVM que não virtualiza um sistema real.

Ao invés de ser uma máquina real, isto é, um computador real, feito de *hardware* e executando um sistema operacional específico, uma máquina virtual é um computador fictício criado por um programa de simulação. Sua memória, processador e outros recursos são virtualizados. A virtualização é a interposição do *software* (máquina virtual) em várias camadas do sistema. É uma forma de dividir os recursos de um computador em múltiplos ambientes de execução.

Todas as máquinas físicas escolhidas rodam os sistemas operacionais suportados entre elas:

- Computador 1: *Windows XP Professional – Service Pack 3*
- Computador 2: *Windows XP Professional – Service Pack 3*
- Computador 3: *Windows Vista Home Premium – Service Pack 1*

Para este Projeto está sendo utilizado uma versão *trial* com duração de 30 dias.

Para a instalação do *software* VMWare *Workstation* é necessário efetuar *logon* na máquina com o usuário “Administrador” ou algum usuário membro do grupo “Administradores”.

Após o *download* do binário, executá-lo.

A tela inicial de boas vindas aparecerá, clique em *Next* para proceder.

Após ler e aceitar os termos da licença (EULA) selecionar a opção “*Yes, I Accept the terms in the license agreement*”.

Selecionar o local de destino dos binários do Vmware *Workstatio*.

Finalmente, confirme a ação para instalar o *software* selecionando a opção “*Install*”.

Por fim, digite o nome do usuário e a empresa, devido ao período de 30 dias de licença *trial*, não haverá a necessidade de instalação de licença.

4.3 INSTALAÇÃO DO SISTEMA OPERACIONAL

4.3.1 Instalação do *Red Hat Advanced Server 4*

A instalação adotada para este Projeto foi a padrão do fabricante, uma vez que, não há a necessidade de customizações durante a instalação para o bom funcionamento dos equipamentos. A mesma instalação foi repetida para todas as máquinas virtuais que utilizam este sistema operacional. As customizações para o bom funcionamento de cada *software* em específico será detalhada na parte de *software*.

A única diferença entre as máquinas virtuais escolhidas para hospedarem o serviço de roteamento e o serviço *Web* é a quantidade de placas de rede, quantidade de memória e espaço do disco. Tais valores são alocados no momento da instalação da máquina virtual.

Para criar a máquina virtual de um roteador deve-se proceder da seguinte forma:

1. Acessar o *software* de virtualização – *Vmware Workstation*
2. Selecionar a opção *NEW > Virtual Machine*
3. Um *wizard* de configuração aparecerá. Selecione a opção “*Typical*” para prosseguir
4. Selecione o local do disco de instalação. Para este Projeto, o *software Red Hat Advanced Server* está gravado em uma mídia de DVD.
5. Selecionar a opção “*Linux*” e em “*Version*” escolher *Red Hat Enterprise Linux 4*

6. Altere o nome da máquina padrão para o desejado e a localização. Para este Projeto, a nomenclatura de cada máquina foi customizada de acordo com a sua função (Exemplo: Roteador – Local) e a localização manteve-se sempre a sugerida pelo produto.
7. Configura o tamanho do disco. Para os servidores que hospedam o serviço de roteamento o tamanho do disco escolhido foi de 2Gb. Para o servidor *Web* este valor aumentou para 8 Gb.
8. No final será apresentado um sumário da configuração escolhida, sendo que, ainda é possível alguma alteração de *hardware*. Neste momento, para os servidores que hospedam o serviço de roteamento, foi utilizada a opção de customização de *hardware* e alterado o padrão de uma placa de rede para duas placas de rede, a fim de permitir o roteamento entre elas. A máquina virtual com o serviço *Web* padrão foi mantida.

Após a configuração do *software* de virtualização *VmWare Workstation*, insira o DVD na unidade de leitura e inicie a máquina virtual.

Será solicitada a intervenção via teclado, para isso basta pressionar a tecla <Enter> e prosseguir a instalação.

Os próximos passos foram adotados para os servidores responsáveis pelo serviço de roteamento:

1. Idioma: Inglês – US
2. Teclado – US
3. Particionamento: Automático
4. Placa de Rede – Inserir informações em acordância com o primeiro item
5. Horário do Sistema: SP/RJ/DF/MT
6. *Firewall*: Desabilitado
7. SE *Linux*: Desabilitado

8. Senha do usuário *root*: projeto
9. Instalação: Mínima – 600MB

Desta forma a máquina virtual servidor encontra-se perfeitamente instalada e pronta para utilização neste Projeto.

4.3.2 Instalação do *Microsoft Windows XP*

Para a instalação do sistema operacional cliente foi adotado um padrão de acordo com o fabricante, devido a não necessidade de customizações para o bom funcionamento deste Projeto.

O procedimento para a criação de uma máquina virtual para o *Windows* é o mesmo adotado para a máquina virtual utilizando servidores *Linux*, porém a única diferença é a seleção do sistema operacional durante o *Configurador*.

Deve ser selecionado o padrão *Windows* e o sistema operacional *Windows XP*. Após, deve ser inserido o CD de instalação e iniciar a máquina virtual.

Desta forma, as opções escolhidas foram as seguintes:

1. F8 para aceitar a licença
2. Teclado: ABNT2
3. Nome:
4. Organização:
5. Senha do usuário Administrator: projeto
6. Horário do Sistema: GMT -03:00
7. *Network Settings: Default Settings*

Desta forma, a máquina virtual cliente encontra-se perfeitamente instalada e pronta para utilização neste projeto.

4.4 INSTALAÇÃO DOS SERVIÇOS

4.4.1 Instalação do Roteador

Após a instalação do sistema operacional *Red Hat Advanced Server* para configurar o serviço de roteamento no *Linux*, foi necessário seguir os passos abaixo. Este procedimento foi testado apenas em sistemas operacionais *Red Hat Advanced Server 4*.

1. Limpar a tabela de rota:
 - a. `# ip route flush table all`
2. Reiniciar o serviço de rede
 - a. `# service network restart`
3. Verificar a tabela de rotas:
 - a. `# route -e`
4. Configurar as placas de rede conforme endereçamento mostrado no tópico de endereçamento
5. Adicionar as seguintes linhas no arquivo `/etc/sysconfig/network`
 - a. `NETWORKING = "Yes"`
 - b. `HOSTNAME = "nome_do_servidor"`
 - c. `GATEWAY = "endereço_ip_do_gateway"`
 - d. `GATEWAY_DEV = "interface que se comunica com o gateway"`
 - e. `FORWARD_IPV4 = "Yes"`
6. Reiniciar o serviço de rede
 - a. `# service network restart`

Após os passos descritos acima, a máquina virtual está pronta para o roteamento de pacotes entre as redes propostas.

Para a automatização de tais passos o *script* "configura_rotador" foi desenvolvido.

4.4.2 Instalação do Apache + Joomla!

Para a instalação do servidor *Web Apache* os procedimentos adotados foram os seguintes:

1. Inserir o DVD de instalação do *Red Hat Advanced Server 4* na unidade de DVD-ROM
2. Instalar o pacote HTTPD através do seguinte comando:
 - a. `# rpm -ivh httpd*`
3. Após a instalação foi necessário iniciar o serviço do *Apache*:
 - a. `# service httpd start`

A configuração adotada foi a padrão disponibilizada pelo *apache.org*. Não foi feita nenhuma customização, devido a não necessidade e estar fora do escopo deste projeto.

O *Joomla!* é um sistema de gerenciamento de conteúdo. Este *software* foi escolhido devido a sua verossimilhança com os sistemas Web utilizado em uma empresa. Ele possui a página de acesso ao público, o qual se assemelha com a *intranet* de qualquer empresa, uma vez que é altamente customizável e permite o gerenciamento de cada objeto. Além disso, o *Joomla!* possui um módulo de gerenciamento que será um excelente teste, pois a grande maioria dos usuários remotos acessam um sistema o qual está hospedado na filial. Desta forma, podemos trazer uma maior veracidade ao ambiente encontrado nas localidades remotas de uma empresa com o projeto que está em desenvolvimento.

1. Fazer o *download* através do site do *Joomla!* (www.joomla.com)
2. Instalar o PHP
 - a. `# rpm -ivh php*`
3. Instalar o *Mysql* e o *Mysql-client*
 - a. `#rpm -ivh MySQL*`

4. Descompactar e Desempacotar o *Joomla!*
 - a. `# tar xzvf Joomla_1.5.7-Stable-Full-Package.tar.gz`
5. Para instalar o *Joomla!* Primeiro, é necessário efetuar algumas configurações iniciais no servidor de banco de dados *MySQL*.
6. Configurar o banco de dados do *Joomla!*
 - a. `# mysqladmin -u root -p create Joomla;`
7. Insira a senha que será solicitada ao final deste comando
8. Acessar o banco de dados criado e setar as permissões:
 - a. `# mysql -u root -p`
 - b. `Mysql> GRANT ALL PRIVILEGES ON Joomla.* TO root IDENTIFIED by projeto`
9. Sair do *Mysql*
 - a. `Mysql> \q`
10. Após o banco de dados é necessário finalizar a configuração via *Web*.
11. Lembrando que foram aceitos os padrões para a instalação de forma que a customização deste ambiente não vem de encontro com os objetivos deste Projeto, apenas a utilização de uma ferramenta de publicação de serviços e conteúdo *Web*.

4.4.3 Instalação do Replify Reptor Accelerator Suite

A suite de aceleração do *Replify Reptor* é composta por 3 produtos, são eles:

- *Replify Reptor Enterprise Manager*. O *Enterprise Manager* provê o gerenciamento centralizado de configurações e relatórios de todos os *Reptor Virtual Appliances* e *Reptor Clients*. Descreve o cenário instalado através da interface *Web* utilizando-a para configurar clientes e *appliances* com as regras necessárias para otimização a performance da rede WAN.

- *Replify Reptor Virtual Appliance*: Este produto permite a visualização, através de uma console *Web*, do cenário de aceleração entre os clientes e o *appliance* central.
- *Replify Reptor Client*: Este cliente é instalado diretamente na máquina cliente, que aponta para o endereço IP do acelerador WAN. Esta comunicação permite que um túnel de aceleração seja fechado entre o cliente e servidor acelerando todo o tráfego entre eles.

4.4.3.1 Instalação do *Replify Reptor Enterprise Manager*

A máquina virtual do *Replify Reptor Enterprise Manager* é pré-configurada pelo fabricante. Neste caso basta fazer o *download* e carregá-la no *software VMWare Workstation*.

Após o iniciar a máquina virtual o único requisito é configurar um endereço IP.

4.4.3.2 Instalação do *Replify Reptor Virtual Appliance*

A máquina virtual do *Replify Reptor WAN Accelerator* é pré-configurada pelo fabricante. Neste caso basta fazer o *download* e carregá-la no *software VMWare Workstation*.

Após o iniciar a máquina virtual o requisito inicial é configurar um endereço IP.

Após a definição do endereço IP do servidor, será necessário adicioná-lo a console do *Reptor Enterprise Manager*. Para isso os passos a serem seguidos são:

1. Logar na console do *Reptor Enterprise Manager*
2. Adicionar o endereço IP do *Reptor Virtual Appliance* na seção de endereçamento ip.

3. Configurar o endereço IP do servidor que possuirá o trafego acelerado na aba application
4. Salvar

4.4.3.3 Instalação do *Replify Reptor Client*

O cliente é compatível com a instalação existente do *Windows XP Professional*. Para instalá-lo é necessário primeiramente configurar o *NET Framework* do *Windows*.

Posteriormente executar o instalador utilizando os seguintes passos:

1. Execute o instalador
2. Aceite o termo de licença
3. Configure o diretório no qual os binários serão armazenados
4. Finalize a instalação
5. Após finalizar a instalação, configure o servidor através da console do cliente clicando duas vezes no ícone do produto no *task bar* do *Windows* para abrí-lo.

Após a finalização da instalação e configuração de todos os produtos requeridos para o Projeto dar-se-á a continuação no próximo capítulo com as medições necessárias para a produção dos resultados propostos para este Projeto.

CAPÍTULO 5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Este capítulo tem o intuito de apresentar os resultados propostos durante todo o escopo deste projeto de forma a clarificar o funcionamento da arquitetura proposta e apresentar a melhor solução para cada caso através da comparação de algoritmos, conforme sugerido anteriormente.

5.1 PROPOSTA DE ANÁLISE

Para este Projeto, foram sugeridos as análise e captura das seguintes métricas:

1. Tempo de acesso a uma página HTTP
 - a. Ferramenta:
 - i. *BadBoy*
 - ii. *Wireshark*
 - iii. *Tcpdump*
2. Métricas para o meio físico:
 - a. Latência
 - b. Tempo de Resposta
 - c. *Throughput*
 - d. *Jitter*
3. Análise comparativa entre os valores e os acessos propostos
 - a. Acessos:
 - i. Sem Aceleração
 - ii. Com aceleração HTTP
 - iii. Com *cache* de tráfego
4. Retorno de Investimento no caso de adoção de uma ferramenta para ambientes distribuídos (Interligados por uma WAN)

A análise comparativa foi resumida em apenas dois algoritmos utilizados devido à limitação imposta pelo fabricante da solução utilizada, uma vez que, soluções mais performáticas e com *hardware* específico possuem outros algoritmos que pudessem ser utilizados para a confecção deste projeto, porém devido ao problema de recurso e indisponibilidade de tais equipamentos para testes foi adotado o *Replify Reptor* que trabalha com a aceleração de protocolo e compressão/*cache*.

5.2 PROCEDIMENTO PADRÃO PARA MEDIÇÕES

Para este Projeto foram analisados os seguintes aspectos em cada um dos cenários propostos:

1. Medição do parâmetro **Latência** foi feita tomando como base a utilização do protocolo ICMP, com pacotes de tamanho de 64 *bytes*, o tempo de vida do pacote configurado para 800ms, o TTL máximo é de 30 e a porta destino 80. Tais configurações foram adotadas para simular a transmissão de uma requisição para o servidor *Web*, desta forma um aplicativo (*Path Pro Analyzer*) foi instalado na máquina cliente, e a partir desta os testes destinados aos servidores *Web* foram enviados.
2. Medição do parâmetro **Throughput** foi feito através de uma fórmula que consiste em:

$$\textit{Throughput} = \text{Tamanho do Buffer} / \textit{Latência}$$

O Tamanho do *Buffer* foi adotado 17.520 *bytes*, pois é o tamanho padrão do *buffer* do *Windows XP*. A Latência foi mensurada no item anterior, produzindo desta forma o *throughput* máximo em cada ponto da rede.

3. A Medição do parâmetro **Tempo de Resposta** foi feita utilizando a ferramenta NMAP. Apesar de a ferramenta ser utilizada para fazer a identificação de sistemas operacionais e a detecção de serviços disponíveis, porém é possível obter um tempo de resposta detalhado.

Para esta medição será utilizado o valor obtido através do tempo de resposta *Smoothed Round Trip Time* (SRTT). O SRTT estima o tempo de resposta baseado no tráfego observado entre o cliente *nmap* e o servidor remoto. A linha utilizada para obter o valor é:

```
# nmap -sS -P0 -n -p80 -d3 endereço_ip_servidor_web
```

4. A Medição do **Jitter** foi obtida através da fórmula:

$$Jitter = Jitter + (abs(Elapsed\ Time - Old\ Elapsed\ Time) - Jitter) / 16$$

Jitter é uma variação estatística do retardo na entrega de dados em uma rede, ou seja, pode ser definida como a medida de variação do atraso entre os pacotes sucessivos de dados. Observa-se ainda que, uma variação de atraso elevada produz uma recepção não regular dos pacotes. Logo, uma das formas de minimizar a variação de atraso é a utilização de *buffer*, aonde esse *buffer* vai armazenando os dados à medida que eles chegam e os encaminham para a aplicação a uma mesma cadência. Ocorre nos momentos onde este passa pelo valor zero, sendo bastante crítica nos sistemas que operam com modulação em fase.

5. A medição **HTTP** foi feita através da ferramenta *BadBoy*, que simula o acesso a página desejada e grava o tempo de acesso, velocidade da conexão e tempo de resposta. Cada acesso foi realizado 10 vezes para cada um dos ambientes propostos (Ambiente Base, Ambiente com Aceleração *HTTP* e Ambiente com Compressão).

As medições realizadas nos itens 1, 2, 3 e 4 foram feitas baseadas no cenário base e no cenário acelerado por compressão. Isto foi escolhido devido a limitação do algoritmo de aceleração por protocolo acelerar apenas *HTTP* e *CIFS*, o que no caso impossibilitaria os testes realizados para mensurar a eficácia do produto. Desta forma, para os itens mencionados, adota-se como cenário acelerado o cenário utilizando o algoritmo de compressão.

5.3 ALGORITMOS UTILIZADOS

5.3.1 Aceleração de Protocolo

A tecnologia de aceleração de protocolo é baseada na redução dos efeitos da latência fazendo com que TCP *Round Trips* desnecessários sejam reduzidos. Automaticamente ajusta o tamanho da janela TCP para garantir a melhor utilização do *Link WAN*.

Vantagem:

- Aumenta o *throughput* em *links* de alta latência;
- Permite uma melhor utilização do *link*
- Reduz transmissões redundantes;
- Permite a otimização de protocolos específicos (*HTTP*)

Desvantagem:

- A sessão TCP deve obrigatoriamente ser encaminhada pelo *appliance*. Isto significa que se a rota mudou ou se o acelerador não estiver mais entre a aplicação, a conexão não será otimizada.

5.3.2 Compressão

A tecnologia de compressão permite uma redução na quantidade de dados a ser trafegada pelo *link* durante uma transmissão, através da compressão do dado no envio e da descompressão no recebimento.

Vantagem:

- Maior quantidade pode ser trafegada no link
- Redução da latência por transmissão
- Melhora a experiência do usuário

Desvantagem:

- Utilização de dois equipamentos para o tratamento dos dados

5.4 RESULTADOS OBTIDOS

5.4.1 Latência

Os valores apresentados abaixo foram mensurados conforme especificado anteriormente. Desta forma foi feito o envio do pacote padrão para estabelecer as latências mínima, média e máxima que serão obtidas, uma vez que, no primeiro cenário proposto não há nenhum tipo de otimização envolvida.

Os resultados para cada cenário serão apresentados logo abaixo, sendo que, os valores foram mensurados e categorizados para cada cenário (base e acelerado). Da forma na qual o cenário acelerado está sendo tratado não há necessidade de segregação, uma vez que, tais fatores analisados são comuns a ambos os cenários (Aceleração HTTP e Compressão).

Desta forma temos uma divisão de 4 coletas:

1. 10.0.2.10 → 10.0.2.1 (Rota 1) - Máquina Cliente Remota para Roteador Remoto – O comparativo dos valores demonstra que a latência mínima foi 20,40% menor no cenário acelerado.
2. 10.0.2.10 → 192.168.0.5 (Rota 2) – Máquina Cliente Remota para Roteador WAN – O comparativo dos valores demonstra que a latência mínima foi 41,79% menor no cenário acelerado.
3. 10.0.2.10 → 172.17.0.1 (Rota 3) – Máquina Cliente Remota para Roteador Local – O comparativo dos valores demonstra uma latência mínima de 46,38% menor no cenário acelerado.
4. 10.0.2.10 → 10.0.1.11 (Rota 4) – Máquina Cliente Remota para o *WebServer* Local – O comparativo dos valores demonstra uma latência mínima de 10,81% menor no cenário acelerado.

O cálculo para encontrar este valor foi uma regra de 3 em que o valor do cenário base equivale ao valor máximo que pode ser atingido. Desta forma, o valor é igual a 100%. A partir dessa igualdade assume-se que o valor obtido no cenário acelerado é igual a uma incógnita. De posse do valor da incógnita, é feita a subtração de 100 e encontrado o valor percentual.

$$X = 100 - \frac{(\text{Latência Mínima Cenário Acelerado} * 100)}{\text{Latência Mínima Cenário Base}}$$

Conforme coletas e cálculos realizados, pode-se notar que o uso de um acelerador WAN pode otimizar de maneira mais racional as comunicações, entre ambiente distantes geograficamente de forma que a latência é mantida em um nível tolerável para as transmissões.

Será demonstrado mais a frente que com uma baixa latência é possível alcançar taxas de *throughput* mais altas, este é um fator decisivo para redes WAN, pois são grandezas inversamente proporcionais.

Desta forma, um acelerador WAN permite um aumento no *throughput* de maneira que é possível aumentar a quantidade de dados a ser trafegado no canal.

Após mensurar a latência, conforme mencionado nos parágrafos acima, nos cenários base e acelerado foram capturados os valores mínimos, máximo e médio que estão consolidados nas Tabelas 1 e 2, sendo eles representados, respectivamente nos gráficos 3 e 4.

Nos Gráficos 3 e 4 estão representados a comparação entre os 3 valores para cada uma das rotas mencionadas anteriormente.

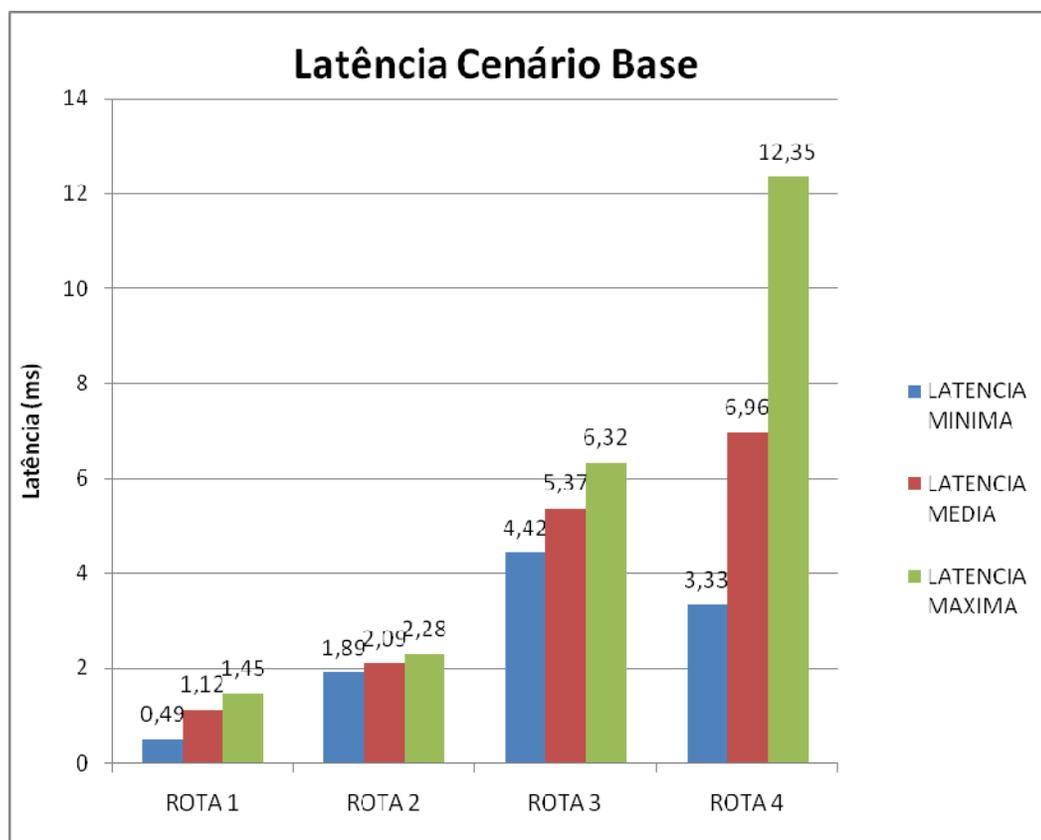


Gráfico 5-3: Latência Cenário Base

Tabela 5-1: Medição da Latência no Cenário Base

HOST ORIGEM	HOST DESTINO	LATENCIA MINIMA	LATENCIA MEDIA	LATENCIA MAXIMA
10.0.2.10	10.0.2.1	0.49	1.12	1.45
10.0.2.10	192.168.0.5	1.89	2.09	2.28
10.0.2.10	172.17.0.1	4.42	5.37	6.32
10.0.2.10	10.0.1.11	3.33	6.96	12.35

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.1

Autor: Rafael Gomes da Silva.

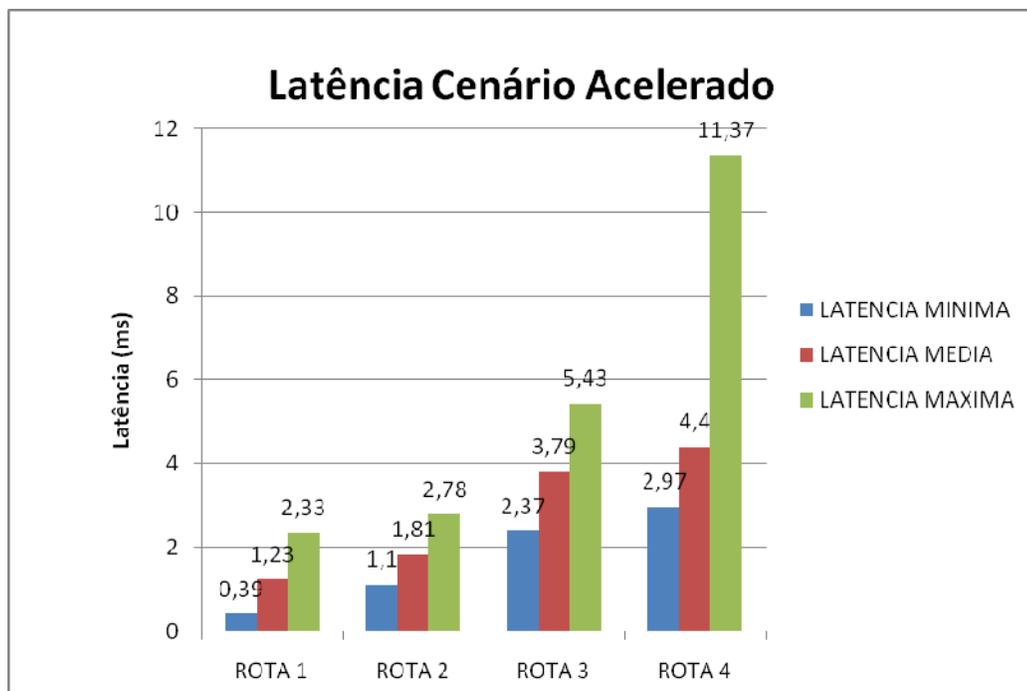


Gráfico 5-4: Latência Cenário Acelerado

Tabela 5-2: Medição da Latência no Cenário Acelerado

HOST ORIGEM	HOST DESTINO	LATENCIA MINIMA	LATENCIA MEDIA	LATENCIA MAXIMA
10.0.2.5	10.0.2.1	0.39	1.23	2.33
10.0.2.5	192.168.0.5	1.10	1.81	2.78
10.0.2.5	172.17.0.1	2.37	3.79	5.43
10.0.2.5	10.0.1.12	2.97	4.40	11.37

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.1

Autor: Rafael Gomes da Silva

5.4.2 Throughput

Conforme mencionado acima, o *Throughput* está diretamente relacionado com a latência. De acordo com essa afirmação, quanto maior a latência menor será a quantidade de dados que podem ser trafegados pelo canal por segundo, pois as grandezas são inversamente proporcionais.

Desta forma, mantendo o comparativo do item anterior teremos:

1. 10.0.2.10 → 10.0.2.1 (Rota 1) – Máquina Cliente Remoto para Roteador Remoto – O comparativo apresenta que o *throughput* no cenário acelerado foi 187,21% maior do que no Cenário Base.

2. 10.0.2.10 → 192.168.0.5 (Rota 2) – Máquina Cliente Remoto para Roteador WAN – O comparativo apresenta que o *throughput* no cenário acelerado foi 89,97% maior do que no Cenário Base.
3. 10.0.2.10 → 172.17.0.1 (Rota 3) – Máquina Cliente Remoto para Roteador Local – O comparativo apresenta que o *throughput* no cenário acelerado foi 126,68% maior do que no Cenário Base.
4. 10.0.2.10 → 10.0.1.11 (Rota 4) – Máquina Cliente Remoto para *Webserver* – O comparativo apresenta que o *throughput* no cenário acelerado foi 134,66% maior do que no Cenário Base.

Conforme o exposto e coletado e comparando com a definição de *throughput* – é a taxa de pacotes (*bits* ou *bytes*) que podem ser transmitidos na rede em um dado período de tempo – a taxa de transferência em uma rede acelerada é superior as taxas apresentadas para uma rede sem nenhum tratamento de pacotes específico.

Abaixo estão todos os valores mensurados referente ao *throughput* nos ambientes propostos para comprovar os índices mencionados acima.

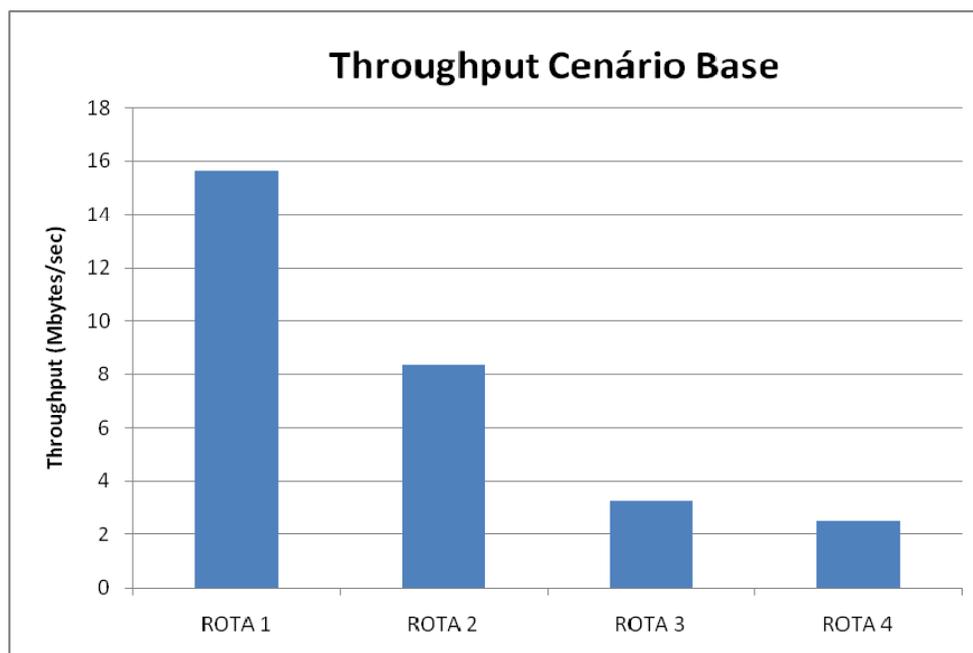


Gráfico 5-5: *Throughput* Cenário Base

Tabela 5-3: Medição do *Throughput* no Cenário Base

HOST ORIGEM	HOST DESTINO	LATENCIA MINIMA (segundos)	TAMANHO DO BUFFER (bytes)	THROUGHPUT (Mbytes/Sec)
10.0.2.10	10.0.2.1	0.00112	17520	15.64
10.0.2.10	192.168.0.5	0.00209	17520	8.38
10.0.2.10	172.17.0.1	0.00537	17520	3.26
10.0.2.10	10.0.1.11	0.00696	17520	2.51

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.2

Autor: Rafael Gomes da Silva

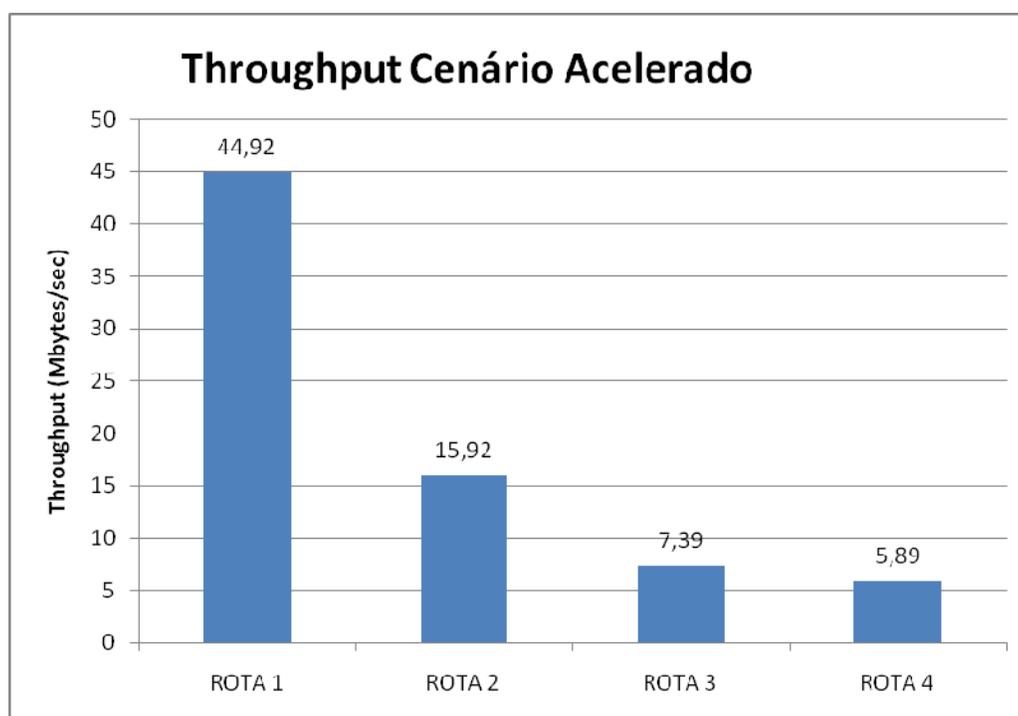


Gráfico 5-6: *Throughput* Cenário Acelerado

Tabela 5-4: Medição do *throughput* no Cenário Acelerado

HOST ORIGEM	HOST DESTINO	LATENCIA MINIMA (segundos)	TAMANHO DO BUFFER (bytes)	THROUGHPUT (Mbytes/Sec)
10.0.2.5	10.0.2.1	0.00039	17520	44.92

10.0.2.5	192.168.0.5	0.00110	17520	15.92
10.0.2.5	172.17.0.1	0.00237	17520	7.39
10.0.2.5	10.0.1.12	0.00297	17520	5.89

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.2

Autor: Rafael Gomes da Silva

5.4.3 Tempo de Resposta

O Tempo de resposta ajuda a mensurar quão rápido é a resposta de uma aplicação.

Em uma rede local é imperceptível, uma vez que, tais valores não sofrem o impacto dos aspectos encontrados em uma rede WAN. O impacto no tempo de resposta pode ter vários fatores, entre eles, segmentos de rede sobrecarregados, erros de rede, falha nos dispositivos, hosts sobrecarregados, excesso de broadcast e falha no cabeamento de rede.

O acelerador WAN pode auxiliar nos problemas de transmissão, no caso, erros de rede (perda de pacotes, necessidade de retransmissão), por exemplo. Em determinado ponto da transmissão houve a perda de um dos pacotes, sendo necessário a retransmissão do pacote. O Acelerador WAN consegue lidar com o problema e evitar que o host remoto precise reenviar o pacote a cada transmissão mal sucedida, otimizando o fluxo de dados, e agilizando o tempo de resposta em uma arquitetura cliente-servidor.

De acordo com as medições realizadas as variações ficaram entre 37,5% e 46,66%. Mais uma vez pode-se destacar a vantagem de um otimizador WAN, pois desta forma, uma aplicação localizada em um ambiente remoto pode responder de uma maneira mais rápida e eficiente, tornando a utilização do meio mais eficiente de forma a satisfazer a experiência do usuário remoto.

A porcentagem teve uma variação pois houveram apenas 2 valores coletados, desta forma foi apresentada a variação entre os valores.

Abaixo estão todos os valores mensurados referente ao tempo de resposta nos ambientes propostos para comprovar os índices mencionados

acima.

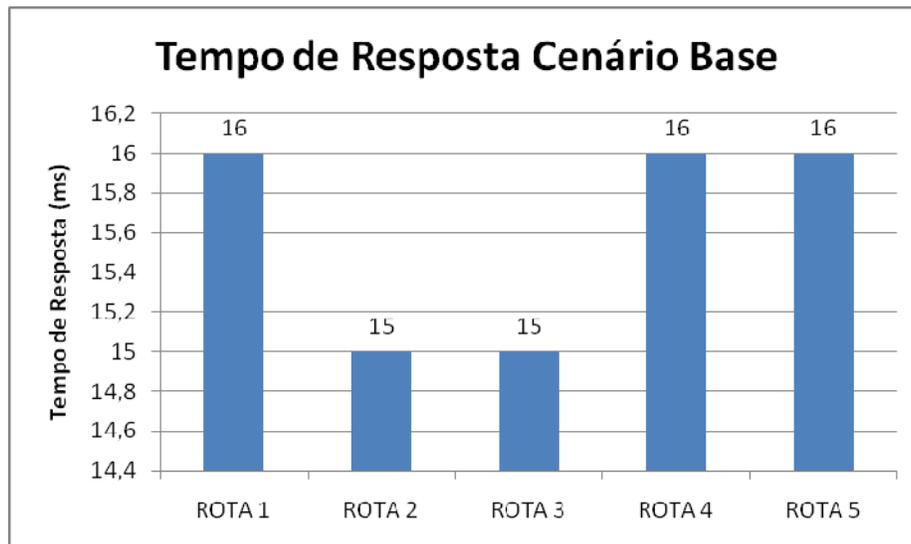


Gráfico 5-7: Tempo de Resposta Cenário Base

Tabela 5-5: Medição tempo de resposta no Cenário Base

HOST ORIGEM	HOST DESTINO	TEMPO DE RESPOSTA (ms)
10.0.2.10	10.0.1.12	16
10.0.2.10	10.0.1.12	15
10.0.2.10	10.0.1.12	15
10.0.2.10	10.0.1.12	16
10.0.2.10	10.0.1.12	16

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.3

Autor: Rafael Gomes da Silva

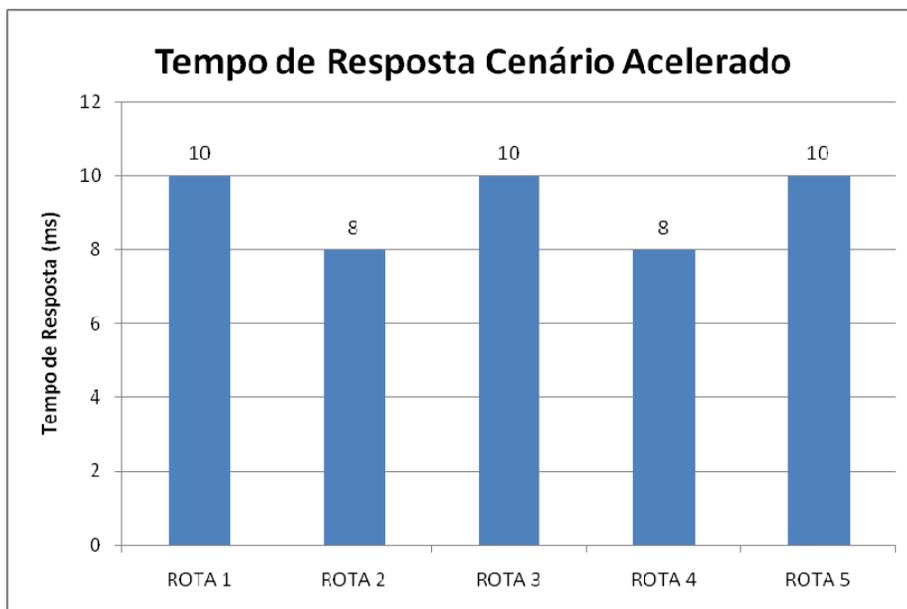


Gráfico 5-8: Tempo de Resposta Cenário Acelerado

Tabela 5-6: Medição do tempo de resposta no Cenário Acelerado

HOST ORIGEM	HOST DESTINO	TEMPO DE RESPOSTA (ms)
10.0.2.5	10.0.1.11	10
10.0.2.5	10.0.1.11	8
10.0.2.5	10.0.1.11	10
10.0.2.5	10.0.1.11	8
10.0.2.5	10.0.1.11	10

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.3

Autor: Rafael Gomes da Silva

5.4.4 Jitter

O *Jitter* foi mensurado com o auxílio do aplicativo IPERF. Este aplicativo utiliza uma série de testes para mensurar os valores. Valores muito altos de *Jitter* são prejudiciais, principalmente para aplicações VoIP, que no caso necessitam de um valor baixo de *Jitter*. Caso estes valores estejam altos, problemas com a ligação (VoIP) poderão ocorrer.

A utilização do aplicativo é baseada no modelo cliente-servidor, no qual um binário aguarda conexões vindas de um cliente.

A linha de comando utilizada para obter o *Jitter* Absoluto foi:

```
# iperf -c endereço_servidor_web -u -b 10m
```

Os parâmetros indicam:

- -c: Endereço do Servidor Remoto
- -u: Utilizar protocolo UDP
- -b 10m: Bandwidth de 10Mbytes

Desta forma é possível obter os valores de:

- Jitter
- Transferência Máxima para o Canal
- Bandwidth
- Datagramas Total/Perdidos

Para o *Jitter* está sendo calculado o valor estatístico.

Da forma na qual os valores foram apresentados nas tabelas abaixo, a utilização de um Otimizador WAN pode auxiliar na redução da variação, pois o *Jitter*, não é nada mais do que o total da variação de latência/tempo de resposta em milissegundos.

Este teste não é afetado pela variação do *Jitter*, uma vez que aplicações Web são mais resistentes a essas variações, porém aplicações de *streaming* (voz, vídeo e música) são mais suscetíveis ao *Jitter*. Porém ambientes distribuídos que possui tais aplicações, podem sofrer com o jitter, e isso acarreta em ligações com perda de dados (voz), má qualidade na ligação e erros e lentidão em transmissões de vídeo para a internet.

Abaixo estão todos os valores mensurados referente a jitter nos ambientes propostos para comprovar os índices mencionados acima.

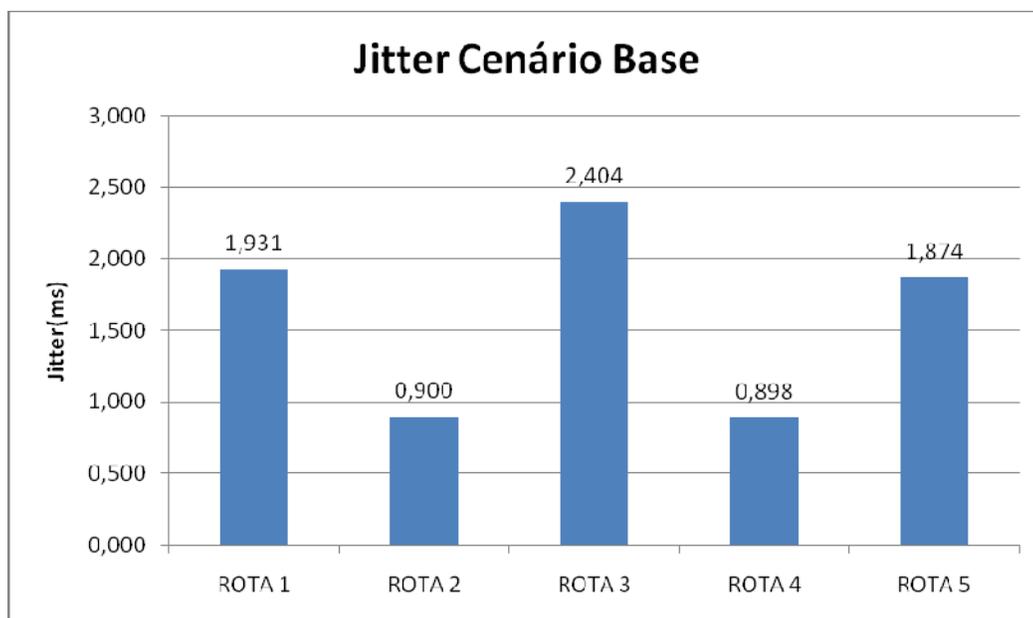


Gráfico 5-9: *Jitter* Cenário Base

Tabela 5-7: Medição do *Jitter* no Cenário Base

HOST ORIGEM	HOST DESTINO	Jitter (ms)
10.0.2.5	10.0.1.11	1.931
10.0.2.5	10.0.1.11	0.900
10.0.2.5	10.0.1.11	2.404
10.0.2.5	10.0.1.11	0.898
10.0.2.5	10.0.1.11	1.874

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.4

Autor: Rafael Gomes da Silva

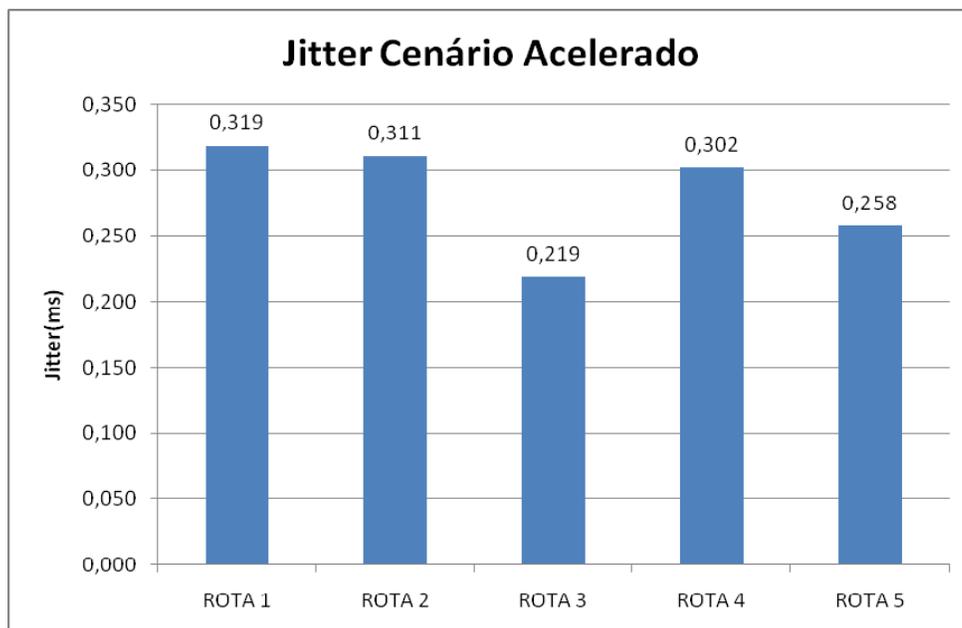


Gráfico 5-10: *Jitter Cenário Acelerado*

Tabela 5-8: Tempo de Acesso à Página HTTP

HOST ORIGEM	HOST DESTINO	Jitter (ms)
10.0.2.5	10.0.1.11	0.319
10.0.2.5	10.0.1.11	0.311
10.0.2.5	10.0.1.11	0.219
10.0.2.5	10.0.1.11	0.302
10.0.2.5	10.0.1.11	0.258

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.4

Autor: Rafael Gomes da Silva

O Tempo de Acesso foi mensurado utilizando dois algoritmos de aceleração diferenciados e o Cenário Base sem nenhum tipo de aceleração. Este método foi adotado para a análise de qual algoritmo trará uma eficácia maior para o pacote que transita entre pontos remotos, além de especificar a melhor aplicabilidade em cada um dos casos.

No primeiro cenário apresentado foram realizados dez testes com o algoritmo de aceleração de protocolo. Esta tecnologia, consegue otimizar o tráfego de apenas alguns protocolos específicos, dentre eles o HTTP. Geralmente a maioria dos fabricantes suporta apenas HTTP, *Exchange* e CIFS.

Para a outra classe de protocolos pode ser utilizada a compressão. Não é uma otimização, porém acelera as transmissões de forma a transmitir pacotes menores entre as redes local e remota.

De acordo com os resultados apresentados a Otimização por Protocolo HTTP, para o cenário é a mais adequada. Uma vez que o tempo de resposta do sistema *Web* utilizado foi em comparação com o Cenário Base, Visando uma aceleração maior das aplicações.

Tais testes foram feitos objetivando a aceleração de tais aplicações. Atualmente, em qualquer loja de atendimento (como por exemplo: Claro, Tim e Brasil Telecom) o sistema é todo baseado em tecnologia HTTP. E para cada loja de atendimento não existe um servidor local e sim um servidor central que em muitas das vezes está localizado em São Paulo ou Rio de Janeiro.

Desta forma tirando um tempo de acesso médio teremos:

- Aceleração por Protocolo: 550,7 ms
- Compressão: 651,7 ms
- Cenário Base: 934,6

Fazendo um comparativo entre os cenários teremos:

- Aceleração por Protocolo: Performance 41,07% maior que o Cenário Base e 15,49% que o Algoritmo de Compressão.
- Compressão: Performance 30,26% maior que o Cenário Base.

De acordo com o exposto acima, o melhor algoritmo para o caso do projeto é a Aceleração por Protocolo, pois manteve o tempo de de acesso em um nível mais baixo que o outro algoritmo, além de apresentar uma performance muito superior ao cenário base e uma velocidade de download mais estável

Desta forma uma empresa que utiliza um sistema web, seja ele uma

intranet, webmail, ou mesmo um sistema interno, pode se beneficiar da utilização desta tecnologia para melhorar o nível de SLA das aplicações, além de ganho no rendimento.

Abaixo estão todos os valores mensurados referente ao tempo de acesso utilizando os algoritmos de aceleração propostos para comprovar os índices mencionados acima.

5.4.4.1 Cenário Acelerado

a) Aceleração por Protocolo – HTTP

O **Gráfico 5-11** ilustra o tempo de acesso coletado para a confecção do gráfico com a utilização do algoritmo de aceleração HTTP.

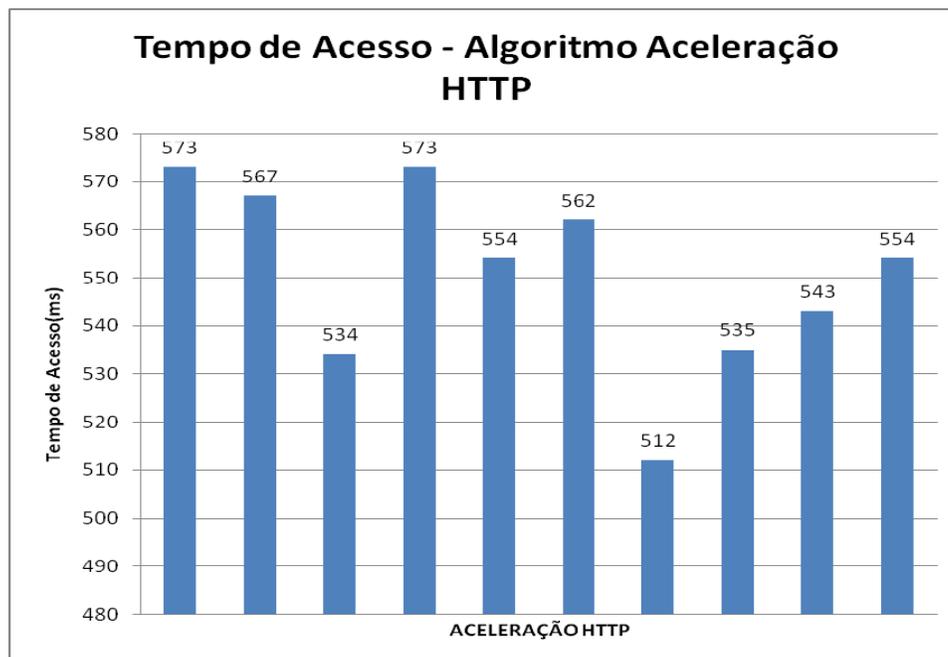


Gráfico 5-11: Tempo de acesso com algoritmo de aceleração HTTP

Tabela 5-9: Medição do tempo de acesso utilizando a aceleração por protocolo – HTTP

ALGORITMO	CLIENTE	SERVIDOR	TEMPO DE ACESSO
ACELERAÇÃO HTTP	10.0.2.5	10.0.2.12	573
ACELERAÇÃO HTTP	10.0.2.5	10.0.2.12	567
ACELERAÇÃO HTTP	10.0.2.5	10.0.2.12	534
ACELERAÇÃO HTTP	10.0.2.5	10.0.2.12	573
ACELERAÇÃO HTTP	10.0.2.5	10.0.2.12	554
ACELERAÇÃO HTTP	10.0.2.5	10.0.2.12	562
ACELERAÇÃO HTTP	10.0.2.5	10.0.2.12	512
ACELERAÇÃO HTTP	10.0.2.5	10.0.2.12	535
ACELERAÇÃO HTTP	10.0.2.5	10.0.2.12	543
ACELERAÇÃO HTTP	10.0.2.5	10.0.2.12	554

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.5

Autor: Rafael Gomes da Silva

b) Compressão

O **Gráfico 5-12** ilustra o tempo de acesso coletado para a confecção do gráfico com a utilização do algoritmo de compressão.

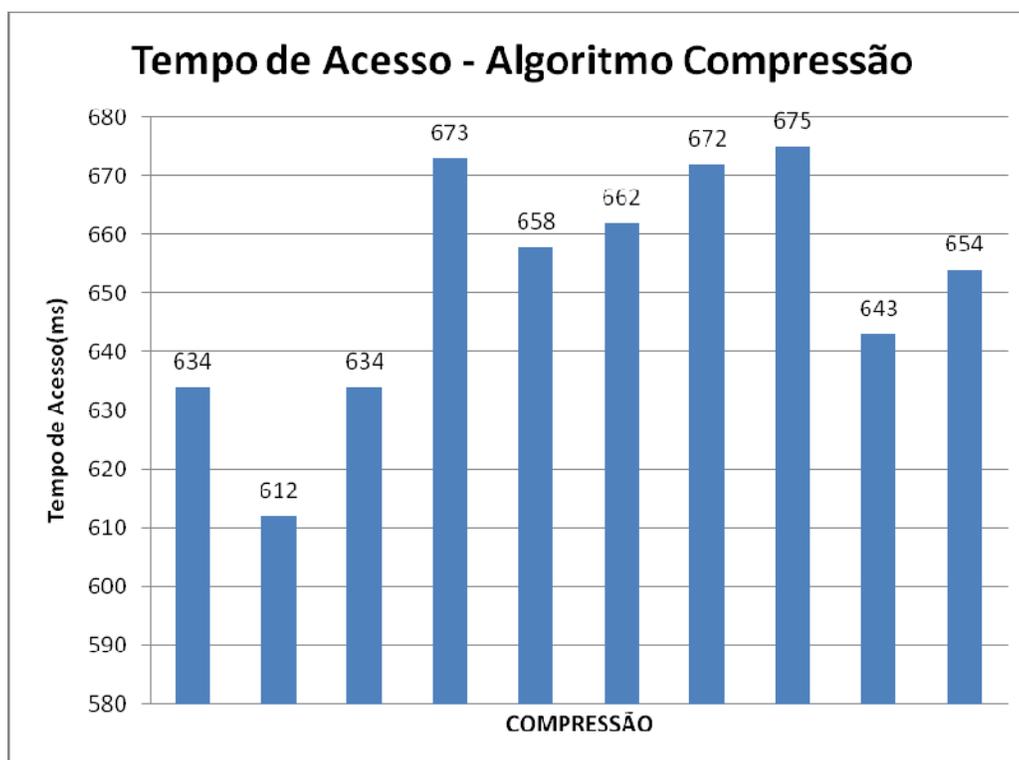


Gráfico 5-12: Tempo de acesso com algoritmo de compressão

Tabela 5-10: Medição do tempo de acesso utilizando o algoritmo de compressão

ALGORITMO	CLIENTE	SERVIDOR	TEMPO DE ACESSO
COMPRESSÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	634
COMPRESSÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	612
COMPRESSÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	634
COMPRESSÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	673
COMPRESSÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	658
COMPRESSÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	662
COMPRESSÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	672
COMPRESSÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	675
COMPRESSÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	643
COMPRESSÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	654

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.5

Autor: Rafael Gomes da Silva

c) Cenário sem Aceleração

O **Gráfico 5-13** ilustra o tempo de acesso coletado para a confecção do gráfico sem a utilização de algoritmos para aceleração, este cenário foi nominado como Cenário Base.

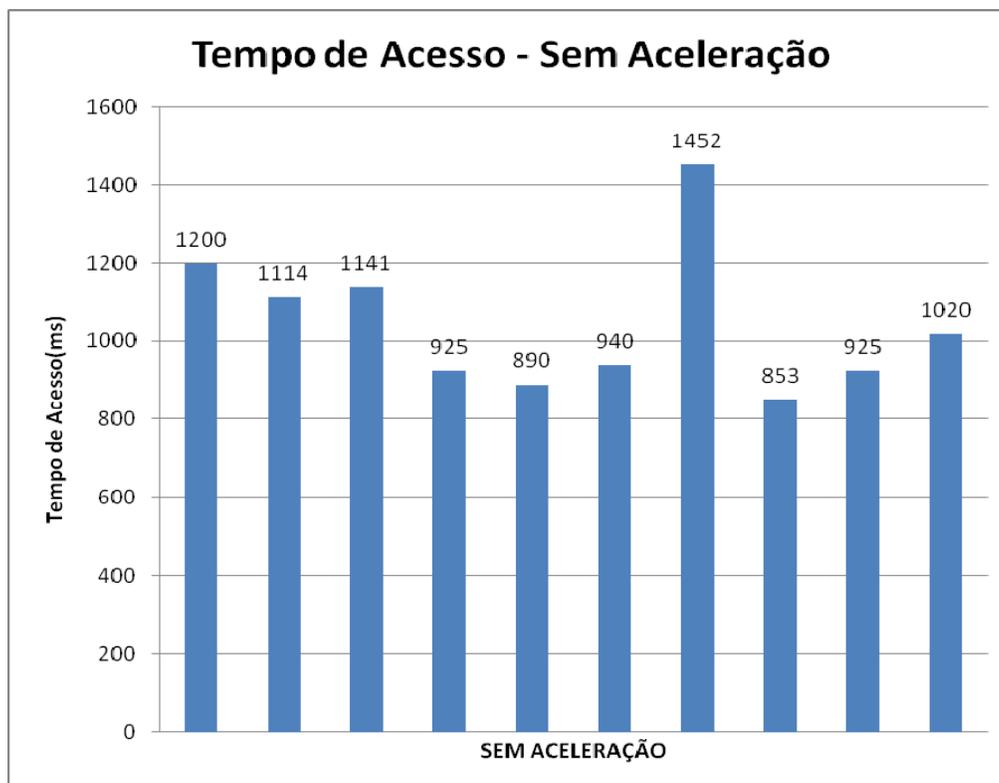
**Gráfico 5-13:** Tempo de acesso sem aceleração

Tabela 5-11: Medição do tempo de acesso utilizando o Cenário Base

ALGORITMO	CLIENTE	SERVIDOR	TEMPO DE ACESSO
SEM ACELERAÇÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	1200
SEM ACELERAÇÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	1114
SEM ACELERAÇÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	1141
SEM ACELERAÇÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	925
SEM ACELERAÇÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	890
SEM ACELERAÇÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	940
SEM ACELERAÇÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	1452
SEM ACELERAÇÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	853
SEM ACELERAÇÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	925
SEM ACELERAÇÃO	10.0.2.5	10.0.2.12	1020

Fonte: Coleta de Dados através do ambiente proposto no item 5.4.5

Autor: Rafael Gomes da Silva

5.5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Na análise dos resultados obtidos, pôde-se observar a eficácia de um Otimizador WAN e sua influência sobre os diversos problemas encontrados pelos administradores de redes. Problemas como latência, *Jitter*, largura de banda que hoje assombram a grande maioria das empresas de TI. A grande maioria prefere aumentar a largura de banda ao invés de tratar o problema.

O problema está na priorização dos dados, na utilização de forma eficaz, na redução de transmissões redundantes, na otimização de pacotes, compressão de pacotes e no armazenamento de informações mais acessadas permitindo sua redistribuição para as demais localidades.

A solução apresentada atende a qualquer empresa que por ventura esteja com problemas de performance em sua rede WAN. Neste ambiente devido a não existência de fatores, pôde-se observar que existe uma grande diferença no tempo de acesso e nos demais fatores envolvidos. Caso isso seja transportado para o ambiente real, uma empresa poderá se beneficiar tendo como produto final a produtividade, o ganho de performance e a satisfação do usuário com a experiência de utilização remota dos sistemas.

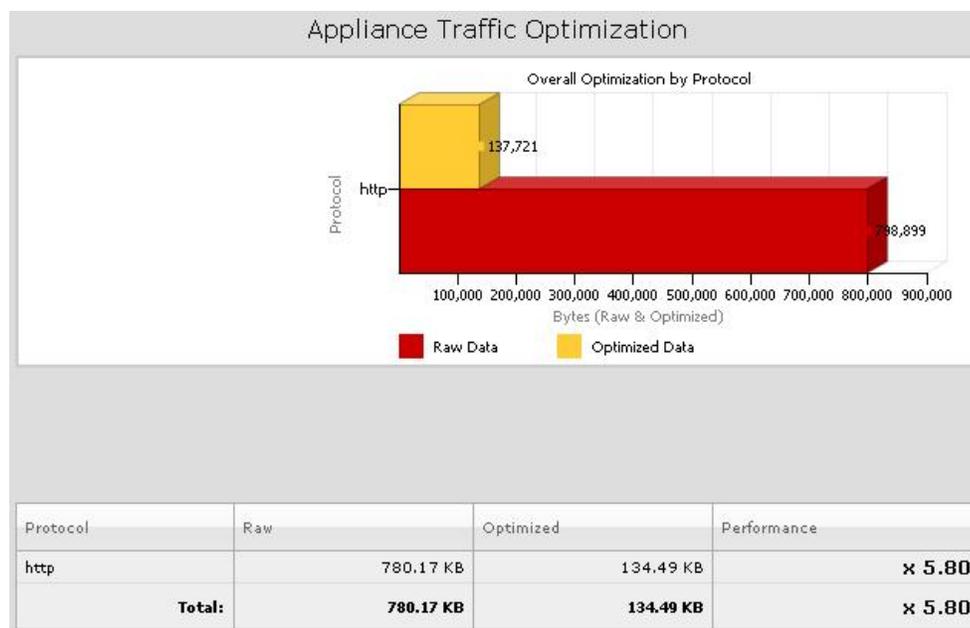


Figura 5-15: Figura com o demonstrativo da Aceleração

Conforme demonstrado pelo relatório do próprio produto a otimização atingiu uma redução de aproximadamente 6 vezes. O Otimizador WAN conseguiu reduzir o tráfego de 780.17 para 134.49Kb. Levando esta comparação para valores maiores a cada 10 Mbytes trafegados, apenas 1.78Mbytes deverão atravessar o canal de comunicação.

Conforme comprovado no estudo, para sistemas estáticos, no qual a janela de acesso possui ícones estáticos sem muitas variações (itens em Macromedia Flash, Banners) a aceleração por protocolo se mostrou mais eficaz, uma vez que ela é capaz de acelerar o protocolo HTTP de forma muito mais eficaz, porém caso a página tenha itens não estáticos o algoritmo de compressão se torna mais eficaz, pois ele reduz a quantidade de dados a ser trafegados no canal de comunicação, o que neste caso em específico tornará a comunicação mais rápida utilizando este último.

Trazendo isso para o mundo real, no qual considerando que, o custo de 1 Mbyte para uma empresa seja de R\$50. Com este produto otimizando as aplicações teremos uma economia de até R\$31,53 por Mbyte.

Tabela 5-12: Custo e Economia Diário/Mensal/Anual

	DIÁRIO	MENSAL	ANUAL
CUSTO	R\$50,00	R\$1.500,00	R\$18.000,00
ECONOMIA	R\$31,53	R\$945,90	R\$11.350,80

Fonte: Próprio autor

Protocol:	http	Totals
Raw Bytes:	798899	798899
Optimized Bytes:	137721	137721
Improvement:	x 5.80	x 5.80
Saving:	\$31.53	\$31.53

Figura 5-16: Cálculo de Retorno de Investimento

Subdividindo algumas combinações para o cálculo do Retorno de Investimento, teremos alguns aspectos:

- Interrupção de Serviços

Uma empresa que possui um de seus serviços indisponíveis pela falta de recursos físicos, tem uma perda de R\$70 por hora.

- Chamado de Help Desk

Um chamado de lentidão no acesso ao sistema requer que um analista esteja alocado para esta função. Um analista tem o custo de R\$50 a hora, sendo que o diagnóstico pode levar até mais de 1 hora.

- Atualização do Link WAN

Supondo que na mesma empresa o custo de um link wan de 1Mb custe R\$1500 (mensal), atualmente nota-se que o link de 1Mb está sobrecarregado (exemplo dado pelo trafego de 700Kb).

- Performance da aplicação

A empresa acima fez um investimento de compra distribuída de servidores, desta forma, foi adquirido um servidor remoto para a localidade, além dos custos operacionais de manter um servidor. Admitindo que o servidor custou R\$15.000 com todo licenciamento embutido.

Admitindo todos os gastos operacionais citados acima, teremos um total de:

- Link WAN: R\$1500
- Servidor: R\$15.000
- Custo de Administração do Servidor: R\$500 (10 horas mensais)
- Help Desk: R\$500 (10 chamados mensais)
- Hora Parada: R\$700 (10 horas de parada)

Adotando os valores acima como padrão, teremos um custo mensal de R\$3.200.

De acordo com os níveis de performance após a utilização de um acelerador WAN pôde-se notar que o ambiente em uma rede WAN transformou-se de problemático para um ambiente mais tolerável.

Desta forma podemos garantir que a aplicação possuirá uma performance mais otimizada, conforme demonstrado nos níveis de acesso, sendo assim, o custo com chamados em Help Desk referente a lentidão em sistema poderá existir, porém será reduzido e não terá mais relação com a equipe de gerência de rede.

As horas paradas por lentidão ou por falta de banda serão minimizadas, uma vez que, o sistema apresentará uma performance superior ao ambiente básico.

Com um serviço mais otimizado não será mais necessário a existência de um servidor remoto para a hospedagem do serviço, além de melhorar a gerência do ambiente, uma vez que, será necessário administrar

apenas um servidor, ao contrário de uma gerência de vários servidores distribuídos. Desta forma, poderá diminuir o custo operacional, uma vez que, com uma quantidade menor de servidores, a equipe pode ser minimizada.

Somando todas as vantagens citadas acima teremos:

- Redução no Link WAN de 1Mb para 512 Kb: R\$750
- Servidor: R\$0
- Custo de administração do Servidor: R\$ 0
- Help Desk: R\$ 150 (3 chamados)
- Hora de Parada: R\$ 140 (2 horas)

A redução do Link WAN pode ser otimizada devido ao nível de utilização mais performático obtido com a utilização de um acelerador WAN. A redução de dados foi de 712 Kb para 137Kb. Totalizando uma redução de aproximadamente R\$31,53 por cada Mb diário trafegado.

De acordo com o exposto acima, uma solução de otimização WAN se paga apenas com a redução de custos operacionais, conforme citado acima.

5.6 PROBLEMAS ENCONTRADOS

Durante a fase de implementação, o maior problema encontrado foi a necessidade de readequação do projeto para a ferramenta Replify Reptor. Havia sido escolhida a ferramenta Traffic Squeezer, porém, devido a imaturidade do software, versão alpha, as funcionalidade propostas para este projeto ainda não estavam desenvolvidas, com previsão de conclusão para o ano de 2010. Desta forma a ferramenta teve que ser readequada.

Os fabricantes atuais costumam trabalhar mais com equipamentos físicos o que dificultou a substituição da ferramenta em software, desta forma a única solução foi a adoção de máquina virtual para o atendimento do projeto, pois haviam dois fabricantes que disponibilizaram a solução para testes, um deles não teve a cordialidade e informou que o produto não foi

feito para testes acadêmicos e que não haveria a possibilidade de uso. Desta forma o único produto que restou para a confecção deste projeto foi o Replify Reptor.

Das funcionalidades propostas (cache e aceleração por protocolo) ele atende apenas a aceleração por protocolo, o cache não é suportado, devido a isso tive que mudar para o outro algoritmo suportado que é o de compressão. Devido a este problema o teste de download de um arquivo HTTP ficou comprometido, pois a eficácia seria maior com o algoritmo de cache, pois iria demonstrar a funcionalidade em ambientes distintos.

Porém a alteração não mudou o resultado do trabalho, pois o foco era a análise da aceleração do protocolo e do ganho em performance de rede.

CAPÍTULO 6. CONCLUSÃO

As redes de computadores são ferramentas de trabalho que estão associadas diretamente à capacidade de gerar retorno às empresas. Dessa forma, a sua disponibilidade, desempenho e utilização são preponderantes no retorno do investimento feito nas redes e no uso que se faz delas para o negócio da empresa como um todo. Uma rede funcionando de forma adequada certamente otimizará os recursos e reduzirá os custos de operação e de novas implantações e ampliações.

O desempenho dos aplicativos na WAN é afetado por um grande número de fatores além da banda. A noção de que a banda resolve todos ou a maioria dos problemas de desempenho dos aplicativos é um mito. No nível da rede, o desempenho dos aplicativos é limitado pela alta latência, *jitter*, perda de pacotes e congestionamento. No nível de aplicação, o desempenho é limitado por fatores como: o comportamento natural dos protocolos do aplicativo, que não foram criados para condições de WAN; protocolos que executam *handshakes* excessivos e a serialização dos próprios aplicativos.

A velocidade de um *link* de comunicação de dados nem sempre é o fator determinante para que o desempenho da rede seja adequado. Para que a rede tenha seu desempenho ótimo, é necessário um conhecimento profundo da tecnologia utilizada, tanto no momento do projeto (para que não se incorra em erros de dimensionamento), quanto no momento da operação (na interpretação dos parâmetros de acompanhamento).

De acordo com os resultados apresentados uma Rede WAN pode ser otimizada de modo a suprimir ou reduzir os efeitos impostos pelo meio físico. Problemas como latência, *Jitter*, Perda de Pacotes, todos podem ser minimizados através da utilização desta solução.

Durante o desenvolvimento do projeto foi proposto uma melhoria no nível de utilização dos pacotes em uma rede WAN, esta melhoria foi obtida

através dos testes e das coletas efetuadas.

Através de apresentação de comparativos numéricos e gráficos pode-se comprovar que a solução proposta atende as empresas que hoje possuem problemas nas redes geograficamente distribuídas.

Porém o foco deste trabalho além de mostrar a eficácia da solução em uma rede WAN é demonstrar os valores e o retorno para uma empresa que deseja adotá-la, porém a maioria delas, apesar da necessidade não adquirem uma solução deste porte devido ao custo inicial.

O custo inicial para a adoção de qualquer solução geralmente é alto, seja ela de um simples antivírus até o mais moderno dos computadores de mesa. Antes de se escolher uma solução, primeiro deve-se estudar o impacto que o problema gera para os resultados das empresas.

Em algumas empresas não se consegue mensurar ou até mesmo tatear o problema, pois o problema encontra-se na gestão, onde coordenadores e diretores tentam adivinhar qual deve ser a melhoria, sem escutar os usuários ou até mesmo os usuários finais.

De acordo com o exposto durante o trabalho, podemos notar a existência de vários problemas associados, prejuízos, custos operacionais, usuários insatisfeitos e problemas que geralmente recaem sobre um único setor.

Definido o problema passa-se para a fase de estudo, estudo de aquisição, estudo da solução e estudo de retorno.

Conforme demonstrado neste trabalho, pode-se reduzir drasticamente o custo operacional com a adoção de uma solução deste porte, fazendo com que ela se pague com o que estava sendo investido incorretamente na empresa.

Diante dos fatos e em resumo geral, a tecnologia de aceleração WAN auxilia e otimiza as aplicações em uma rede WAN, trazendo como benefício,

não apenas a satisfação do usuário remoto, mas também a redução dos custos associados fazendo com que a empresa possa investir melhor seus recursos, principalmente nos cenários atuais.

Por fim sugere-se para o desenvolvimento de projetos futuros, a análise e viabilidade da aceleração WAN nas seguintes condições:

- Utilização de ferramentas open-source e sua eficácia perante soluções proprietárias;
- Níveis de melhoria com a utilização da tecnologia de aceleração WAN e VOIP; e
- Estudo de caso de redução de custos utilizando a tecnologia open-source.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GREVERS, Ted. Christner, Joel. Application Acceleration and Wan Optimization Fundamentals. Primeira Edição. Cisco Press. 2007, 384 pág.

Monitoring the WAN. Juniper Networks. 2005, 11 pág.

NANCY, Conner. Wan Optimization for Dummies. Primeira Edição. Blue Coat.

O mito da banda e o desempenho dos aplicativos - Otimização de Aplicações – White Paper. F5 Networks, 2005, 15 pág.

PETERSON, Larry. Redes de Computadores: Uma Abordagem de Sistemas. Terceira Edição: Elsevier Editora, 2004, 587 pág.

TANENBAUM, Andrew. Redes de Computadores. Quarta Edição. Editora Campus, 2003, 955 pág.

WIRTH Almir. Formação e Aperfeiçoamento Profissional em Telecomunicações & Redes de Computadores. Primeira Edição. Axcel Books, 2004, 544 pág.

Sites:

1. http://en.wikipedia.org/wiki/WAN_optimization
2. <http://www.andreaplanet.com/tping/>
3. <http://www.extremetech.com/article2/0,1558,1968320,00.asp>
4. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3393.txt>
5. http://www.infostor.com/article_display/wan-optimization-acceleration/9649240326/s-articles/s-infostor/s-volume-12/s-Issue-7/s-news-analysis-trends/s-1.html

6. http://www.juniper.net/products/appaccel/dca/web_optimization_issue_paper.pdf
7. <http://www.networkworld.com/community/node/19969>
8. <http://www.networkworld.com/details/679.html?def>
9. <http://www.optiwan.com>
10. <http://www.packeteer.com/support/BestPractices/evaluate>
11. http://www.radware.com/Resources/Glossary/wan_optimization.aspx
12. <http://www.tredent.com/riverbed/wan-optimization.php>

APENDICE A – SCRIPT PARA CONFIGURAÇÃO DOS ROTEADORES

O script router.wan, router.lan e rede.lab é responsável por configurar as interfaces do computador e permitir o roteamento entre duas redes.

Texto do Script router.wan:

```
#!/bin/bash

# recebe o parametro da linha de comando
$eth = $1
$ip = $2
$mask = $3
$gw = $4

# limpa a tabela de rotas

/sbin/ip route flush table all
```

Service network restart

```
echo -e "DEVICE=$eth" > /etc/sysconfig/network-script/ifcfg-$eth
echo -e "IPADDR=$ip" >> /etc/sysconfig/network-script/ifcfg-$eth
echo -e "NETMASK=$mask" >> /etc/sysconfig/network-script/ifcfg-$eth
echo -e "GATEWAY=$gw" >> /etc/sysconfig/network-script/ifcfg-$eth
```

Texto do Script router.lan:

```
#!/bin/bash

# recebe o parametro da linha de comando
$eth = $1
$ip = $2
$mask = $3
$gw = $4

echo -e "DEVICE=$eth" > /etc/sysconfig/network-script/ifcfg-$eth
echo -e "IPADDR=$ip" >> /etc/sysconfig/network-script/ifcfg-$eth
echo -e "NETMASK=$mask" >> /etc/sysconfig/network-script/ifcfg-$eth
echo -e "GATEWAY=$gw" >> /etc/sysconfig/network-script/ifcfg-$eth
```

Texto do Script rede.lab:

```
#!/bin/bash

# recebe o parametro da linha de comando
$gw_dev = $1
$gw = $2
$hostname = $3

echo -e "NETWORKING=yes" > /etc/sysconfig/network
echo -e "HOSTNAME=$hostname" >> /etc/sysconfig/network
echo -e "GATEWAYDEV=$mask" >> /etc/sysconfig/network
echo -e "GATEWAY=$gw" >> /etc/sysconfig/network
```